

## **Projet de conditionnement pour un transport**

Le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice exposé au musée du Louvre

Mémoire présenté par :

Rais Manon

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation

Objets archéologiques et ethnographiques

Objets scientifiques, techniques et horlogers

2012-2013

Le 22 juillet 2013

*« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »*

Neuchâtel, le 22 juillet 2013

Manon Rais

## **Projet de conditionnement pour un transport**

Le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice exposé au musée du Louvre

## Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, leurs connaissances, ainsi que leur soutien pour la rédaction de ce travail de Bachelor.

La commission scientifique de l'Abbaye de Saint-Maurice, assurant le rôle de conservateur du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice qui m'a offert la possibilité d'effectuer une étude plus qu'enrichissante sur les objets du Trésor.

A Monseigneur Joseph Roduit, Père Abbé de l'Abbaye de Saint-Maurice, ainsi qu'à tout le personnel de l'Abbaye qui m'a plus que chaleureusement accueilli, je tiens à leur témoigner ma reconnaissance.

Denise Witschard, conservatrice-restauratrice à l'atelier de restauration de l'Abbaye de Saint-Maurice, qui a su m'encadrer, me conseiller et partager d'agréables moments autour d'un thé.

Thierry Jacot, consultant en conservation préventive, pour sa patience, sa disponibilité et ses réponses à mes questions.

Pierre-Alain Mariaux, historien d'art, pour les renseignements qu'il m'a transmis sur le Trésor.

Elisabeth Antoine et Anne Gautier, respectivement, conservatrice en chef au département des objets d'art du musée du Louvre et coordinatrice au musée du Louvre de l'exposition du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice, pour le temps qu'elles ont accordé à mes questions.

Régis Bertholon, docteur en conservation-restauration et responsable de filière de la He-Arc CR, pour sa disponibilité et le temps qu'il a consacré à mes questions.

Valentin Boissonnas et Bluenn Boulangé, tous deux conservateurs-restaurateurs et enseignants à la He-Arc CR, pour les conseils qu'ils m'ont apportés.

Romain Jeanneret et Valentine Brodard, conservateurs-restaurateurs, pour leur présence, leur bonne humeur et leurs conseils.

L'entreprise de transport d'œuvres d'art « Harsch ; the Art of Moving », pour son accueil chaleureux et particulièrement Patrick Decarroux, Technico-Commercial Œuvres d'Art, qui a su apporté des renseignements sur le transport d'œuvres d'art.

L'entreprise « CDF Emballage » et particulièrement Pierre Audétat, menuisier, pour ses explications et son enthousiasme.

L'ensemble des professeurs de la He-Arc CR, pour les connaissances qu'ils m'ont transmis durant ces trois années d'étude.

Enfin, je remercie mes parents, mes deux sœurs et Mathias pour leur soutien sans pareil, leur encouragement et leur patience qui ont été pour moi plus que bienfaiteur.

## Sommaire

Résumé .....	5
Abstract .....	6
Introduction générale .....	7
Contexte .....	8
Contrat de prêt.....	8
1. Présentation des pièces du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice exposées à Paris .....	9
1.1 Identification des valeurs culturelles et financières des objets en partance .....	9
1.2 Nature et sensibilité des pièces d'orfèvrerie prochainement exposées .....	11
2. Présentation du transport.....	13
2.1 Réglementation et modalités douanières .....	13
2.2 Caractéristiques du transport.....	14
2.3 Parcours des objets et identification des phases du transport .....	15
2.4 Evaluation du niveau de risque des différentes phases du transport.....	16
2.5 Le transport .....	20
3. Conditionnement des pièces .....	21
3.1 Exigences du contrat de prêt .....	21
3.2 Le principe de la double caisse .....	22
3.3 Critères de choix des matériaux.....	22
3.4 Choix des matériaux .....	23
3.5 Limitation des risques du transport grâce au conditionnement.....	25
3.5.1 Les chocs et les vibrations.....	25
3.5.2 Les variations hygrométriques .....	29
3.5.3 Les polluants internes et externes.....	32
3.5.4 Les accidents.....	34
3.5.5 Les vols .....	34
3.6 Répartitions des objets dans les caisses internes .....	37
3.7 Propositions de caisse de transport.....	38
3.7.1 Quatre caisses de transport.....	39
3.7.2 Recommandations .....	41
3.7.3 La signalétique des caisses.....	42
3.7.4 Positionnement et arrimage des caisses .....	43
4. Deux cas précis de conditionnement spécifique .....	43
4.1 Crosse dite « de Félix V ».....	43
4.1.1 Présentation de l'objet .....	44
4.1.2 Constat d'état ciblé pour le conditionnement .....	44

4.1.3	Proposition et conception du conditionnement.....	45
4.2	Statue équestre de saint Maurice.....	47
4.2.1	Présentation de l'objet .....	47
4.2.2	Constat d'état ciblé pour le conditionnement .....	47
4.2.3	Proposition et conception du conditionnement.....	48
	Synthèse / Discussion .....	51
	Conclusion générale.....	53
	Liste des Références bibliographiques .....	54
	Liste des figures .....	59
	Liste des tableaux.....	61
	Liste des schémas.....	62
	Table des plans .....	63
	Glossaire .....	64
	Annexes.....	67
	Annexe 1 : Photographies des dix-neuf objets prochainement exposés au Louvres .....	67
	Annexe 2 : Règle à calcul de l'ICC et logiciel PadCAD.....	72
	La Règle à calcul de l'ICC .....	72
	Le logiciel PadCAD .....	75
	Annexe 3 : Schéma illustrant la mise en protection des objets contre les risques de chocs et de vibrations durant le transport .....	76
	Annexe 4 : Quantité de PROSorb à l'intérieur des caisses internes .....	77
	Annexe 5 : Répartitions des objets dans les caisses internes en polypropylène de type Rako® .....	78
	Annexe 6 : Plan de la caisse unique pour seize objets du Trésor, proposition n°1 .....	83
	Annexe 7 : Photographies et plans des quatre caisses de transport pour le transport des dix-neuf objets du Trésors, proposition alternative.....	86
	Annexe 8 : Conditionnement de la Crosse dite « de Félix V » .....	93
	Schéma et photographies du conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ».....	93
	Coût de fabrication du conditionnement .....	96
	Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/déballage de la Crosse dite « de Félix V ».....	97
	Annexe 9 : Conditionnement de la Statue équestre de saint Maurice.....	98
	Photographies du conditionnement de la Statue équestre de saint Maurice .....	98
	Coût de fabrication du conditionnement prototype de la Statue équestre de Saint Maurice.....	102
	Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/déballage de la Statue équestre de saint Maurice.....	103
	Annexe 10 : Liste des fournisseurs.....	104

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre du 1500<sup>ème</sup> anniversaire de l'Abbaye de Saint-Maurice fondée en 515. Pour fêter dignement l'événement, des travaux de réaménagement du Trésor dans un nouvel espace d'exposition sont en cours. C'est dans ce contexte qu'aura lieu au printemps 2014 une exposition de dix-neuf pièces du Trésor dans le prestigieux musée du Louvre. Des réflexions entourant le conditionnement des objets lors du transport doivent être menées afin que le Trésor ne subisse aucun dommage lors de son déplacement. Ce travail de Bachelor vise donc à élaborer des propositions de mise en protection de ces dix-neuf objets durant le transport. Le but de ce mémoire est de fournir un cahier des charges à la commission scientifique de l'Abbaye qui pourra le cas échéant appuyer ces recommandations auprès des emprunteurs parisiens.

Cette étude examine tous les éléments à identifier afin de proposer des conditionnements qui soient, non seulement adaptés au Trésor, mais qui réduisent également les risques auxquels les objets sont exposés durant leur acheminement. Il a fallu tout d'abord observer les objets en partance afin de relever leur sensibilité et les conséquences qu'ont eut les facteurs de dégradation sur les pièces. Ceci signifie que des éléments d'altération sont potentiellement présents lors de la manipulation, il s'agit des chocs et des vibrations, des variations hygrométriques, des polluants et des vols. Parallèlement à cette observation, les spécificités des objets sont notées afin de savoir sur quelles surfaces et dans quelle position ils peuvent voyager. Le profil de vie des objets de leur lieu de conservation, jusqu'à leur mise en vitrine au Louvre, est ensuite présenté. De cette manière, les différentes phases du transport sont développées. Pour chacune d'elles, les risques qui en découlent sont évalués, ce qui permet de savoir quand ceux-ci interviennent et quel est leur niveau de dangerosité sur les objets.

Suite à cette première étape d'évaluation, des schémas montrent de quelle manière le conditionnement est construit afin de réduire l'impact des facteurs de dégradation sur le Trésor. En conservation préventive, les matériaux utilisés pour le conditionnement doivent absolument répondre à des exigences qui dépendent de certains critères comme la durée de cohabitation entre l'objet et le matériau. Ainsi la compatibilité des matériaux entre eux est attestée dans cette situation.

Viennent ensuite des propositions de conditionnement basées sur le principe de la double caisse offrant une protection efficace. L'agencement des objets dans les caisses est par la suite présenté. Il prend en compte le fait que trois reliquaires seront vénérés en tant qu'objet culturel à la cathédrale de Notre-Dame avant leur passage au Louvre, ainsi ces trois pièces sont mises en caisse séparément. Ce projet présente au total quatre caisses de transport pour les dix-neuf pièces d'orfèvrerie. Ensuite, des recommandations quant aux caisses de transport, leur manipulation, leur fabrication, leur utilisation et leur signalétique sont exposées.

Enfin, ce mémoire présente le travail pratique qui a été effectué sur deux objets du Trésor particulièrement complexes, soit la réalisation de leur conditionnement de proximité.



## Abstract

This work is directly connected to the 1500th anniversary of the Abbey of St-Maurice founded in 515. In order to celebrate the event, important redevelopments of the Treasure of the Abbey are in progress for a new exhibition space. In this context, an exhibition showing pieces of the Treasure will take place in the prestigious Louvre Museum in spring 2014.

Ways of packaging the objects for the transport has to be think about since the Treasure can absolutely not be damaged. The aim of this mémoire is to provide a specification to the scientific committee of the Abbey and, if necessary, provide the recommendations of this specification to the Parisian borrowers.

This study examines every element to be identified in order to propose ways of packaging which are not only appropriate to the Treasure, but also reduce the risks associated with the objects transportation. First of all, the observation of the departing objects could increase their sensitivity and the consequences of the degradation which could be observed on the pieces. This means that elements of degradation are potentially present, caused by handling, shock, vibration, humidity change, pollutants and theft. Along with this observation, the specific characteristics are recorded to know on which surface and which position the objects can be moved. The life profile of the objects from their place of conservation until their placement in the display cases of the Louvre Museum, is then presented. So, the various phases of the transportation are developed for each of them and the potential risks are evaluated. This permit to know when they occur and what is the level of danger on the objects.

Following this initial assessment phase, diagrams show how the packaging is built to reduce the impact of factors of degradation on the Treasure. In preventive conservation, materials used for the packaging must meet requirements depending on certain criterias such as the length of cohabitation between the objects and the material. So, the compatibility of materials is then attested in a specific situation. After that, proposals for packaging based upon the principle of double case providing effective protection is discussed. The arrangement of objects in the cases is then presented. Before exhibition in the Louvre Museum, three reliquaries will be exposed to the cathedral of Notre-Dame as religious objects. So these three objects are packed separately.

This project exposes in total four transportation cases for the pieces of the treasure. Then, recommendations about the cases, their manipulation, fabrication, use and identification are discussed.

Finally, this mémoire demonstrates the practical work that was made about two particularly complex objects of the treasure, in other words, the achievement of packaging of proximity.

## Introduction générale

Une collection muséale, durant son transport, est vulnérable. Il convient donc d'identifier les risques qu'elle pourrait encourir afin d'en optimiser la protection. Dans le cadre du déplacement du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice pour une exposition au musée du Louvre en 2014, une réflexion à propos du *conditionnement*<sup>\*1</sup> des pièces pour le transport est nécessaire. La commission scientifique de l'Abbaye a accepté que ce travail soit effectué dans le cadre de ce mémoire de Bachelor<sup>2</sup>. Les emprunteurs parisiens feront appel à des prestataires pour effectuer le transit du Trésor. Ainsi, le but de ce travail est de fournir un cahier des charges contenant des propositions de conditionnement des pièces ainsi que des recommandations qui pourront, le cas échéant, être appuyées par la commission auprès des emprunteurs.

Pour accomplir une telle tâche, la documentation a permis de comprendre comment se déroule une politique de prêt entre institutions, de préciser les risques qu'engendre le transport ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour les réduire. Afin de proposer des conditionnements adaptés aux objets, il a fallu procéder au constat d'état des dix-neuf pièces d'orfèvrerie du Trésor en partance pour le Louvre. Les spécificités des objets qui ont été relevées sont prises en compte pour leur conditionnement. Une visite des locaux de l'entreprise « Harsch The Art of Moving » en Suisse, spécialisée dans le transport d'œuvres d'art a permis de comprendre concrètement les stratégies employées par les professionnels afin d'assurer la conservation des biens culturels durant leur transport<sup>3</sup>. Une visite chez « CDF Emballage » a fourni plus de renseignements techniques sur les caisses de transport.

Ce travail présente en premier lieu le contexte de l'exposition du Trésor et le contrat de prêt. Par la suite, la nature du Trésor et sa sensibilité aux facteurs de dégradations sont brièvement décrites. Une réflexion quant au transport et ses risques sur les biens culturels est ensuite exposée. Grâce à ces observations, des propositions de conditionnement sont élaborées. Deux pièces du Trésor particulièrement complexes font l'objet d'une attention particulière. La réalisation de leurs mises en conditionnement de proximité\* illustre les propositions théoriques faites à la commission scientifique de l'Abbaye. Ceci ajoute un volet pratique à cette étude.

Il faut préciser que les informations sur lesquelles se basent ce mémoire s'appuient sur les certitudes actuelles car il intervient environ neuf mois avant l'exposition.

---

<sup>1</sup> Les mots suivis d'un astérisque sont expliqués dans le glossaire p.64. Seule la première occurrence porte un astérisque.

<sup>2</sup> Il n'y a pas de conservateur en charge du Trésor de l'Abbaye. Constituée de neuf membres de milieu hétéroclite, comme le Père Abbé, des chanoines, des historiens d'art, une conservatrice-restauratrice, un consultant en conservation préventive, un électrochimiste et un orfèvre, une commission scientifique occupe cette fonction.

<sup>3</sup> D'autres démarches ont été faites auprès de l'entreprise « Fine Art Transport Natural LeCoultre » qui a refusé un entretien pour des raisons de confidentialité.

Par le caractère inestimable du Trésor, ce document doit respecter une absolue confidentialité quant aux modalités du transport et des pièces qui transitent jusqu'au Louvre. Des informations ne sont pas divulguées pour des raisons évidentes de sûreté. Ainsi ce mémoire ne peut être rendu public qu'au retour du Trésor à l'Abbaye de Saint-Maurice après l'exposition.

## Contexte

En 2015, l'Abbaye de Saint-Maurice d'Agaune fondée en 515, célébrera son 1500<sup>ème</sup> anniversaire. Trois différents projets sont réalisés autour de ce jubilé dans le but de valoriser le site et de sensibiliser le public. Le premier chantier concerne le site archéologique du Martolet qui abrite les restes des martyrs de la légion thébaine, à savoir saint Maurice et ses compagnons, ainsi que les restes d'édifices religieux construits entre le IV<sup>e</sup> et le XVII<sup>e</sup> siècle. Actuellement, des travaux de muséographie et d'aménagement du site sont en cours afin de le rendre accessible aux visiteurs. La deuxième nouveauté vise à présenter et à permettre aux chercheurs de consulter les archives de l'Abbaye. Enfin, le troisième projet touche au redéploiement du Trésor de l'Abbaye. Son nouvel aménagement doit être agencé afin d'apporter de meilleures conditions de conservation, de sécurité et d'exposition du Trésor. Parallèlement, une trentaine d'objets sont en cours de restauration par traitement électrochimique. Ceux-ci ont en effet subi un important ternissement causé par de mauvaises conditions de conservation. Durant les travaux, le Trésor ne sera pas accessible au public. C'est dans ce contexte qu'une exposition prestigieuse de certaines pièces du Trésor est organisée et acheminée au musée du Louvre de mars à juin 2014<sup>4</sup>.

## Contrat de prêt

Lorsqu'un prêt de biens culturels entre institutions est accordé, le prêteur rédige un contrat dans lequel il définit les différentes conditions que, par sa signature, l'emprunteur s'engage à respecter. Le contrat de prêt comporte plusieurs chapitres : les assurances, la responsabilité et les frais, les formalités douanières, le transport, les conditions de conservation et d'exposition, la reproduction et la publication et enfin, la résiliation du contrat.

Le contrat entre l'Abbaye de Saint-Maurice et le musée de Louvre énonce que l'institution emprunteuse, le Louvre, est responsable des pièces du Trésor selon l'assurance clou à clou. Celle-ci couvre les objets prêtés depuis le lieu de départ soit l'Abbaye, jusqu'à leur retour dans l'institution prêteuse. L'emprunteur prend à sa charge les frais d'emballage, de transport, de construction de vitrines et de supports, les éventuelles restaurations des pièces endommagées durant le prêt, ainsi que les frais de voyage et de séjour des personnes travaillant pour l'institution prêteuse. Généralement, lors d'un prêt international, le musée emprunteur doit faire recours à un prestataire

---

<sup>4</sup> Abbaye 1500<sup>ème</sup>, [en ligne].

afin d'effectuer l'emballage et le transport des objets du prêteur<sup>5</sup>. Des précisions quant aux exigences du contrat de prêt sont apportées dans les prochains chapitres<sup>6</sup>.

## 1. Présentation des pièces du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice exposées à Paris

Ce chapitre présente brièvement comment le Trésor de l'Abbaye s'est constitué. Il dévoile les pièces d'orfèvrerie prochainement exposées et décrit leurs valeurs culturelles et financières. Puis, les risques d'altérations auxquels les objets sont sensibles sont présentés, à noter que ces facteurs sont potentiels durant leur transport.

L'Abbaye de Saint-Maurice a été fondée par le roi burgonde Sigismond en 515, ce qui fait d'elle le plus ancien monastère d'Europe occidentale encore actif aujourd'hui. Au cours des années, l'Abbaye s'enrichit de présents offerts par d'illustres donateurs parmi lesquels figure saint Louis. Ces dons de fidèles commémorent le culte des martyrs thébains. Le Trésor constitué de reliquaires, de châsses et d'objets liturgiques, est un des plus prestigieux et des plus importants de l'art sacré chrétien. Certaines pièces sont encore utilisées lors des célébrations, des liturgies et au cours de la procession du 22 septembre, fête de Saint Maurice et de ses compagnons. Le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice est toujours vivant, d'autant plus qu'il continue à s'agrandir avec des objets d'orfèvrerie moderne.

Dix-neuf pièces d'orfèvrerie du Trésor constituent la future exposition au musée du Louvre. L'objet le plus ancien est daté du I<sup>er</sup> av. J-C et les autres pièces ont été fabriquées entre le VII<sup>e</sup> siècle et le XVI<sup>e</sup> siècle. Les trois objets les plus précieux du Trésor en feront partie, dès lors, les visiteurs auront la joie de contempler le Vase de sardonix\* dit « de saint Martin » du I<sup>er</sup> siècle av. J-C, le Coffret de Teudéric du VII<sup>e</sup> siècle et la prestigieuse Aiguière dite « de Charlemagne » du IX<sup>e</sup> siècle. Les autres pièces sont des reliquaires, des ciboires, des chandeliers, des crosses, une fiole à parfum, une croix, une châsse et une statue votive. (Cf. Annexe 1). Certains reliquaires seront exposés en avant première à Notre-Dame avant d'être présentés au Louvre. Ils seront vénérés en tant qu'objet cultuel et ne seront pas désacralisés, dès lors un respect de leur caractère sacré s'impose.

### 1.1 Identification des valeurs culturelles et financières des objets en partance

Des valeurs culturelles sont associées aux objets, dont voici la présentation de celles des dix-neuf objets du Trésor.

---

<sup>5</sup> Benaiteau, 2012, p.94.

<sup>6</sup> La version du contrat de prêt sur laquelle se base ce travail est la n°4. Actuellement, il existe une 7<sup>ème</sup> version. Le contrat n°7 n'a pas encore été soumis aux emprunteurs. Ainsi, il n'a pas été joint en annexe.

### Valeur historique

Les objets du Trésor ont une valeur historique car ils sont associés à une époque, à des personnages et à des faits historiques. Le reliquaire de la Sainte Epine est affilié à la donation du roi saint Louis à l'Abbaye de Saint-Maurice en 1262<sup>7</sup>, ce qui lui confère une valeur historique.

### Valeur d'étude

Une valeur d'étude est attribuée à ces objets au travers de leur technique de fabrication et leurs matériaux de constitution. Cela apporte de nombreuses informations sur leur provenance, leur datation, parfois même sur les commanditaires de l'objet et les orfèvres qui les ont réalisés<sup>8</sup>.

### Valeur sacré et commémorative

Etant constitué d'objets cultuels, l'aspect sacré est indissociable au Trésor. Ces pièces ont été commanditées par des fidèles afin de témoigner leur dévotion aux martyrs de la légion thébaine. De ce fait, les pièces du Trésor commémorent des personnages saints et certaines pièces renferment des reliques.

### Valeur d'usage

Certaines pièces comme les Châsses sont utilisées actuellement par les chanoines de l'Abbaye lors de processions ou de cérémonies, ce qui leurs confèrent une valeur d'usage.



© Abbaye de Saint-Maurice  
*Figure 1 : Utilisation de la Châsse des enfants de saint Sigismond lors de la procession du 22 septembre.*

### Valeur artistique et esthétique

Les pièces du Trésor sont véritablement des œuvres d'art car elles témoignent d'un talent d'exécution et d'une minutie du détail remarquables. Par leur forme, leur matériau et leur style, ces objets possèdent une harmonie et par-delà une valeur esthétique. Ces pièces sont étudiées par des historiens d'art notamment Pierre-Alain Mariaux et illustrent des publications d'art et d'histoire de l'art.

### Valeur marchande et rareté

Le trésor a une très grande valeur marchande. Cette valeur est indissociable du caractère sacré des pièces du Trésor<sup>9</sup>. Ces objets ont été fabriqués avec des matériaux hautement précieux et rares.

---

<sup>7</sup> Thurre, 2008, p.84.

<sup>8</sup> Une inscription sur la face arrière du coffret de Teudéric mentionne les noms de Nordoalaus et Rihlindis comme commanditaires et Undiho et Ello comme orfèvres.

<sup>9</sup> Bouffard, 1974, p.36.

L'aiguière dit « de Charlemagne » est entièrement faite d'or, recouverte de saphirs du Sri Lanka et d'autres pierres précieuses et décorée d'émaux de Géorgie.

## 1.2 Nature et sensibilité des pièces d'orfèvrerie prochainement exposées

Les pièces du Trésor en partance pour le Louvre ont été, durant leur vécu, confrontées à des facteurs d'altérations. Lors de leur prochain déplacement, elles seront potentiellement exposées à certains de ces risques ce qui pourrait avoir de graves conséquences. Les objets ont des sensibilités propres aux dégradations qui dépendent de leur matériau de constitution et de leur technique de fabrication. Toutefois, certaines altérations sont générales et ne dépendent pas de la nature de l'objet. Ainsi, il n'est pas question ici de décrire toutes les sensibilités des matériaux, mais uniquement les facteurs d'altérations qui ont eut un réel impact sur les objets du Trésor. Dès lors, les risques qu'ils engendrent sur l'objet sont brièvement présentés et ses conséquences visibles sur des pièces du Trésor sont décrites. De cette manière nous connaissons des risques que le conditionnement doit limiter lors du transport afin d'en assurer la conservation de l'objet.

### Polluants\* et hygrométrie inadaptée

Les dix-neuf objets sont tous constitués de métaux, notamment d'or, d'argent, d'argent partiellement doré, de vermeil et d'alliages cuivreux. Des phénomènes de corrosion\* peuvent se produire sur les métaux en présence d'air et d'eau. Une hygrométrie élevée à plus de 65% encourage ce type de dégradation. L'or grâce à son haut potentiel de réduction y est très résistant. L'argent et les alliages cuivreux sont plus sensibles à ces phénomènes. En présence de composés organiques volatils\* comme l'acide acétique et formique, de chlorures présents dans la sueur, ainsi que de gaz sulfureux\* comme le sulfure d'hydrogène, le sulfure de carbone ou de soufre élémentaire, l'argent et les alliages cuivreux se ternissent<sup>10</sup>. Des produits de corrosion recouvrent alors la surface du métal et engendrent une décoloration. Cette réaction d'oxydation\* est d'autant plus encouragée si le métal est exposé à de fort taux hygrométrique<sup>11</sup>. Or, le Trésor a été confronté durant son existence à un environnement où l'hygrométrie était parfois trop élevée, comme le révèle une étude climatique menée en 2001-2002<sup>12</sup>. Les principaux phénomènes de corrosion observés sur les objets du Trésor sont des ternissures des alliages d'argent (Figure 2 ci-contre). Une corrosion par



*Figure 2 : Ternissement recouvrant le Buste de saint Candide, n°inv., 2015 008.*

---

<sup>10</sup> Selwyn, 2004, p.39-40 et 68.

<sup>11</sup> Ibidem, p.150.

<sup>12</sup> Jacot, 2007, p.223-225.

piqûre est visible sur le reliquaire de la Sainte Epine. Des dépôts blanchâtres issus d'anciens produits de nettoyage sont attestés sur certains objets. Sur des assemblages, des clous en argent ont été remplacés par d'autres en alliage cuivreux où des produits de corrosion de couleur verte se sont développés. Ainsi, les principaux facteurs d'altérations du métal constituant les dix-neuf pièces du Trésor proviennent des polluants et du taux d'hygrométrie inadapté.

La plupart des pièces du Trésor sont composites, c'est-à-dire composées de plusieurs matériaux. Ainsi, certaines d'entre elles ont une âme en bois de noyer ou de tilleul. Le bois, étant hygroscopique, tend à s'équilibrer avec son milieu de conservation. Dès lors, ce matériau est sujet à des variations dimensionnelles. Effectivement, si l'hygrométrie est élevée, le bois l'absorbe et peut gonfler et se déformer ou au contraire, le matériau rétrécit. Le métal qui recouvre la Châsse des enfants de saint Sigismond comporte beaucoup de fissures qui ont pu être encouragées par les modifications dimensionnelles du bois sous-jacent lors des processions, quand les fluctuations de l'hygrométrie sont importantes.

D'autres matériaux hygroscopiques constituant les objets du Trésor semblent également avoir été sensibles aux variations hygrométriques. Effectivement, un morceau de papier rattaché à un objet est gondolé, ce qui laisse supposer une réaction à l'hygrométrie. Il est fortement probable que les reliques présentent des effritements causés par la même source d'altération, toutefois n'étant pas visibles, il est impossible de le confirmer.

### Chocs

Certaines pièces ont subi des déformations survenues à la suite de chutes dues aux manipulations. Les chocs mécaniques encourus par les objets ont également provoqué des cassures, ainsi que des fissures. Cela est notable sur le fond du Coffret de Teudéric qui est bosselé sur la surface. Certains objets émaillés du Trésor présentent des fissures, des cassures ainsi que des lacunes, qui peuvent entre autre être issues de chocs mécaniques. Par ailleurs, des gemmes\* décorant les objets dénotent des brèches qui ne peuvent avoir été causées que par ce type d'altération en raison de leur dureté.

### Vibrations

Dernièrement des fouilles ont eu lieu dans l'Abbaye à proximité de la salle du Trésor. Après les travaux, il a été constaté que des petites particules de matière se sont déposées au pied d'une Châsse. Il est aisément imaginable qu'avec une amplitude\* de vibration plus élevée, les conséquences auraient été plus dramatiques.

La plupart des objets du Trésor est assemblée par clouage et vissage. Or, il est attesté que ces types d'assemblages sont particulièrement sensibles aux vibrations<sup>13</sup>. Effectivement, les clous et les vis peuvent réagir aux vibrations par une réponse énergétique, provoquant des petits chocs entre le clou ou la vis et la surface qu'ils fixent.

---

<sup>13</sup> Illes, 2004, p.19.

### Le vol

Des éléments ont été vraisemblablement volés, comme des pierres précieuses. Certaines ont peut être été enlevées d'un objet pour les réemployer sur un autre. On remarque que des pierres précieuses ont disparu de certains objets notamment sur la petite Bourse des sainte Candide et Innocent.

### Manipulation

Lorsqu'une manipulation est un facteur d'altération, cela sous-entend qu'elle n'est pas correctement exécutée et que sa conséquence sur l'objet est un choc mécanique. En tant qu'objets culturels encore utilisés lors de cérémonies, ils ont été sollicités. Cela a parfois provoqué une usure du matériau, visible sur les deux Chandeliers de Félix V. Parfois, la manipulation de l'objet étant plus complexe, les dégâts sont plus importants comme en témoigne l'état de conservation de la Châsse des enfants de saint Sigismond avant sa restauration en 1998. Cependant, ceci fait partie de l'histoire du Trésor, cela lui procure une valeur supplémentaire et c'est grâce à cette utilisation des objets qu'il est toujours vivant, valorisé et parvenu jusqu'à nous.

## 2. Présentation du transport

Le Trésor traversera la frontière franco-suisse. Ce chapitre débute donc par la réglementation et les modalités douanières à adopter lors d'un transport international de biens culturels. Les caractéristiques du transport ainsi que les différentes phases par lesquelles les objets devront passer à partir de leur emballage à Saint-Maurice jusqu'à leur mise en vitrine au Louvre sont ensuite expliquées. Un niveau de risque est associé à chacune de ces étapes, le but étant de montrer la probabilité de survenance d'un risque et le niveau de dangerosité pour l'objet lors de ces opérations. Enfin, ce chapitre énonce quelques recommandations pour le transport afin d'assurer la conservation des objets durant cette phase<sup>14</sup>.

### 2.1 Réglementation et modalités douanières

Le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice appartient de droit et de fait à l'Abbaye et non à la Confédération. Ainsi, aucune autorisation d'exportation temporaire ne doit être délivrée par le service spécialisé en matière de transfert des biens culturels.

Des modalités douanières doivent être remplies par les transporteurs engagés par le Louvre comme le stipule de contrat de prêt. Dans la pratique, lorsqu'un bien culturel quitte temporairement la Suisse pour une exposition en France, les procédures les plus simples à remplir se trouvent dans le carnet

---

<sup>14</sup> Le terme « transport » est utilisé pour le trajet aller ; il va sans dire qu'il comprend également le retour. Les caisses ainsi que toutes les recommandations sont valables pour l'aller comme pour le retour des objets.



ATA<sup>15</sup>, document valable dans tous les pays européens. Les prestataires du transport doivent obtenir ce document auprès des chambres de commerce et d'industrie<sup>16</sup>. Afin de minimiser le risque d'ouverture des caisses à la douane, une autre solution est envisageable. Le contrôle de la marchandise doit être fait par les autorités douanières lors de la mise en caisse des objets et ensuite plombées par leur soin. Un envoi scellé est rarement revérifié, mais pas impossible en cas de doute des autorités<sup>17</sup>.

## 2.2 Caractéristiques du transport

Caractéristiques du transport	
Lieu de départ	Abbaye de Saint-Maurice (Suisse)
Lieu d'arrivée	Musée du Louvre (Paris)
Départ estimé	Février / Mars 2014
Retour estimé	Mai / Juin 2014
Moyen de transport	Camion
Nombre de kilomètre	572 km
Nombre de kilomètre sur l'autoroute	487 km
Durée du transport	~ 6-7 heures
Transbordement	Aucun
Douane	Oui
Arrêt / pause	Oui
Nombre de chauffeur	Deux
Présence d'un convoyeur	Oui, Denise Witschard

Tableau 1 : Caractéristiques du transport des dix-neuf objets du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice jusqu'au musée du Louvre.

Ce tableau présente les différentes caractéristiques du transport. Il se fera à l'aide d'un camion comme l'exige le contrat de prêt. La date précise du transport est inconnue, il est possible qu'il soit effectué à une date et à une heure précise peu importe la météo. Des mesures de prévention doivent être anticipées au cas où le chargement des caisses doit se faire sous la pluie.

Aucun transbordement n'est prévu, ainsi les caisses de transport ne sont manipulées que pour les phases de chargement/déchargement. Deux transporteurs assurent le déplacement et Denise

---

<sup>15</sup> Carnet ATA (Admission Temporaire). Permet de franchir la frontière sans caution et à n'importe quelle heure.

<sup>16</sup> Carnet ATA, 2007, [en ligne].

<sup>17</sup> Pour appliquer cette procédure, les prestataires doivent la demander à l'avance au bureau des douanes de départ ou à la direction d'arrondissement du lieu de domicile. Cette information a été transmise par Cyrille Beuret, chef de service, inspectorat de douane, à la douane de Bâle St-Louis, suite à un courriel daté du vendredi 12.07.2013.

Witschard, conservatrice-restauratrice de l'atelier de restauration à l'Abbaye de Saint-Maurice, participera au transport.

## 2.3 Parcours des objets et identification des phases du transport

Voici un tableau qui illustre les phases par lesquelles les objets passent obligatoirement depuis leur sortie de l'Abbaye<sup>18</sup> jusqu'à leur installation dans les vitrines d'exposition du Louvre. Ce schéma prend également en compte les spécificités du parcours et l'endroit où se déroule chaque phase.

Phases	Remarques	Lieu
Sortie des objets de leur lieu de stockage	Même salle	Intérieur Abbaye de St-Maurice
Déplacement sur l'espace d'emballage		
Emballage des objets en caisses internes*		
Déplacement des caisses vers le lieu de chargement		Intérieur Abbaye de St-Maurice
Entrée des caisses internes dans les caisses externes*		
Chargement des caisses dans le camion		
Transport en Suisse		Extérieur
Passage à la douane		
Transport en France		
Halte du moyen de transport		
Arrivée sur le lieu de déchargement		
Déchargement des caisses		Intérieur Musée du Louvre
Déplacement des caisses dans la chambre forte		
Ouverture des caisses externes		
Déplacement des caisses internes vers le lieu d'exposition		
Ouverture des caisses internes et déballage des objets		
Entrée des objets dans les vitrines d'exposition		

Tableau 2 : Profil de vie des objets de leur lieu de conservation dans l'Abbaye, jusqu'à leur mise en vitrine au musée du Louvre.

Une fois les objets emballés, deux parcours peuvent être empruntés jusqu'au lieu de mise en caisse externe. Celui sollicitant l'ascenseur serait plus sûr pour les objets. La porte de sortie de l'Abbaye a une largeur d'environ 1.37 m. Les caisses de transport externes doivent donc tenir compte de cette spécificité pour que la mise en caisses se fasse à l'intérieur du bâtiment pour éviter les variations

<sup>18</sup> Seize objets en partance pour le Louvre sont conservés dans une armoire forte. Les trois derniers sont conditionnés dans une salle à proximité des autres. Le jour du transport, ces trois objets sont vraisemblablement emballés dans leur lieu de stockage actuel.

climatiques à l'intérieur des caisses. Selon les législations suisse et française, un chauffeur est tenu de faire une pause après quatre heures trente de conduite. Durant cette pause le plein d'essence du moyen de transport peut être fait. Le contrat de prêt stipule qu'une personne doit être en permanence dans le véhicule lors du transport. Ainsi, deux chauffeurs peuvent se relayer.

Si, lors de ces différentes phases, un problème survient (accident, attente à la douane, etc.) et provoque l'arrêt momentané ou permanent du moyen de transport, il convient d'avoir les réactions appropriées. Si la pause est momentanée, une personne au minimum doit toujours rester dans le camion. Si l'arrêt est permanent, les caisses doivent être surveillées jusqu'à l'arrivée d'un véhicule de remplacement. Dans le cas où les transporteurs ne pourraient plus assurer cette surveillance, les forces de police s'en chargent comme le mentionne le contrat de prêt. Un suivi GPS du camion<sup>19</sup> permet de vérifier le bon déroulement du transport. Ainsi, en cas d'observation par GPS d'un arrêt non prévu, l'entreprise prestataire en est directement avertie et prend les mesures nécessaires. Dans tous les cas, il est impératif que les emprunteurs et les prêteurs soient informés immédiatement d'un quelconque problème lors du transport.

## 2.4 Evaluation du niveau de risque des différentes phases du transport

Selon Robert Waller, un risque est un événement qui implique des conséquences néfastes sur un bien culturel. Il est caractérisé par deux éléments soit : sa probabilité de survenance et ses conséquences néfastes sur l'objet<sup>20</sup>. Les risques qui peuvent survenir lors d'un transport sont les suivants : les chocs et les vibrations, les variations hygrométriques, les polluants<sup>21</sup>, le vol et l'accident. La conséquence d'un accident est le choc. Contrairement à une manipulation qui entraîne généralement un choc vertical, les chocs qui surviennent suite à un accident peuvent aussi être horizontaux, à cause des virages. La température n'est pas considérée ici comme un facteur d'altération, car elle n'a pas d'effet propre sur les objets lorsqu'elle est comprise entre 0°C et 35°C<sup>22</sup>. Toutefois, elle a un impact sur l'hygrométrie dans un milieu fermé, raison pour laquelle son influence est prise en compte dans le risque « variations hygrométriques ».

Des tableaux sont présentés dans le but d'évaluer le niveau de risque du transport, soit les chocs et les vibrations, les variations hygrométriques, les polluants et le vol<sup>23</sup>. Il est tout d'abord nécessaire de rassembler les étapes de même ordre, comme celles du chargement et du déchargement. Les phases

---

<sup>19</sup> Les entreprises de transport munissent obligatoirement leur camion d'un système de suivi GPS. Informations transmises par Patrick Decarroux, technico-commercial Œuvres d'art chez « Harsch ; The Art of the Moving », lors d'une visite le 12.06.2013.

<sup>20</sup> Waller, 2003, p.14-16.

<sup>21</sup> Rémillard, 1995, p.39-42.

<sup>22</sup> Stefanaggi, 2001, p.12.

<sup>23</sup> Ces tableaux sont inspirés du travail de Bachelor en conservation de Mathias aMarca réalisé en 2008, p.11-12. *Non publié.*

emballage et déballage ont été regroupées, car les risques qui leur sont associés sont identiques, même si une distinction intervient lors du déballage car à ce moment, l'objet n'est pas clairement visible. La probabilité de survenance de chacune de ces phases est ensuite évaluée ainsi que leurs conséquences sur l'objet. Ces deux éléments sont classifiés selon les termes suivants : faible, moyen, élevé. Une synthèse de l'évaluation du niveau de risque est proposée dans les tableaux ci-dessous.

Phase du transport	Risques		
	Chocs et vibrations		
	Probabilité de survenance	Conséquences néfastes sur les objets	Synthèse
Manipulation des objets sans conditionnement	Elevé	Elevé	Elevé
Emballage / Déballage	Elevé	Elevé	Elevé
Manipulation des objets emballés	Elevé	Moyenne	Elevé
Chargement / Déchargement	Elevé	Moyenne	Elevé
Transport, douane incluse	Moyenne	Moyenne à élevé	Elevé

Tableau 3 : Evaluation du niveau de risque des chocs et des vibrations durant les phases du transport.

Ce tableau révèle que la majorité des chocs et des vibrations subie par les objets durant le transport intervient lors des phases de manipulation et d'emballage/déballage. Les conséquences sont plus néfastes sur l'objet lorsqu'il n'est pas encore emballé car il est très vulnérable<sup>24</sup>. Cette phase à risque est limitée car la mise en caisse s'effectue dans l'endroit où les objets sont conservés. De plus, la manutention se fait sous la direction des mains expertes de Denise Witschard, conservatrice-restauratrice à l'Abbaye. Ce travail doit être effectué tranquillement, il faut donc prévoir assez de temps pour que ces opérations s'effectuent sans stress.

Les conséquences néfastes des chocs et des vibrations sur un objet, se réduisent grâce à son conditionnement. Lors d'accident ; véhicule renversé ou embouti, le risque s'accroît, les conséquences sont alors plus élevées, voire irrémédiables.

En synthèse, le risque de chocs et de vibration est élevé durant toutes ces phases. La stratégie à employer consiste à effectuer des conditionnements efficaces et à faire appel à des professionnels du transport d'œuvres d'art afin d'en limiter les accidents durant le transport.

---

<sup>24</sup> Gentile, 1992, p.9.

Phase du transport	Risques		
	Variations hygrométriques +/-10% HR		
	Probabilité de survenance	Conséquences néfastes sur les objets	Synthèse
Manipulation des objets sans conditionnement	Faible	Faible	Faible
Emballage / Déballage	Moyenne	Elevé	Elevé
Manipulation des objets emballés	Faible	Faible	Faible
Chargement / Déchargement	Moyenne à Elevé	Faible à Moyenne	Moyenne
Transport, douane incluse	Faible à Moyenne	Moyenne à Elevé	Moyenne

Tableau 4 : Evaluation du niveau de risque des variations hygrométriques durant les phases du transport.

Ce tableau représente le risque de variations hygrométriques. Le taux de variation de l'hygrométrie de +/- 10% a été choisi en fonction des conditions hygrométriques attendues durant le transport (Cf. Chap. 3.5.2). Lors de la manipulation des objets sans conditionnement, les probabilités de survenance de variations hygrométriques sont faibles. Effectivement, le lieu de conservation des objets a une hygrométrie actuelle comprise entre 55% et 60% et du gel de silice conditionné à environ 55% a été placé dans le lieu de stockage<sup>25</sup>. Les fluctuations de l'hygrométrie n'ont donc pas d'effets notables sur les objets durant cette phase, d'autant plus, que la durée de leur manipulation sans conditionnement reste courte<sup>26</sup>. Lors de l'emballage et du déballage, les variations ne sont pas à exclure. Si les caisses sont trop rapidement ouvertes à leur arrivée au Louvre, elles n'auront pas le temps de s'acclimater et seront confrontées à des fluctuations d'hygrométrie, les risques de dommages en sont accrus. D'autant plus qu'en hiver, la condensation à l'intérieur des caisses est possible si un temps d'acclimatation n'est pas respecté. Une fois les objets emballés, la probabilité de survenance de variations hygrométriques est faible, car le conditionnement en limite l'effet au maximum. Toutefois, au chargement et au déchargement, ces probabilités sont moyennes à élevées car les caisses sont confrontées au climat extérieur. Durant le transport, le camion est régulé climatiquement, ainsi les variations climatiques sont faibles, sauf en cas d'ouverture des caisses à la douane. La colonne

---

<sup>25</sup> Un déshumidificateur placé dans cette salle y régule le taux d'humidité.

<sup>26</sup> Les conditionnements sont effectués en amont par les transporteurs, ainsi de la sortie de l'objet jusqu'à sa mise en caisse interne, il ne s'écoule que quelques minutes.

synthèse démontre que ce risque n'est pas à négliger. Cependant, en respectant les recommandations et en concevant adéquatement le conditionnement, les variations hygrométriques sont réduites.

Phase du transport	Risques		
	Polluants		
	Probabilité de survenance	Conséquences néfastes sur les objets	Synthèse
Manipulation des objets sans conditionnement	Elevé	Faible	Moyenne
Emballage / Déballage	Elevé	Faible	Moyenne
Manipulation des objets emballés	Faible à Moyenne	Faible à Moyenne	Faible à Moyenne
Chargement / Déchargement	Moyenne à élevé	Faible à Moyenne	Moyenne
Transport, douane incluse	Faible à Moyenne	Faible à Moyenne	Faible à Moyenne

Tableau 5 : Evaluation du niveau de risque des polluants durant les phases du transport.

Ci-dessus, voici le schéma des risques lié aux polluants. Lorsque les objets ne sont pas encore emballés, la probabilité que les polluants soient en contact avec les objets est élevée, car les sulfures d'hydrogène et de carbonyle ainsi que les composés organiques volatils, sont présents dans l'air intérieur d'un bâtiment<sup>27</sup>. Lors de la « manipulation des objets sans conditionnement » et de « emballage/déballage », les conséquences néfastes des polluants sont estimées faibles. Effectivement, ces deux phases étant courtes, les polluants n'ont pas le temps d'agir.

Le bois employé à la confection des caisses de transport libère des acides organiques volatils qui peuvent ternir les objets métalliques. Le conditionnement propose des moyens afin d'en diminuer l'impact (Cf. Chap.3.5.3). Ainsi, la probabilité de survenance du risque est faible à moyenne. Un indice moyen à élevé est accordé à la phase de chargement et de déchargement car, à ces moments, les caisses sont en milieu extérieur urbain où la concentration des polluants, tel de dioxyde de soufre, l'ozone et les composés organiques volatiles par exemple, est plus importante qu'en intérieur. Le réseau NABEL a révélé qu'en région rurale la concentration des polluants ne dépasse pas les valeurs limites journalière toutefois, la présence du risque n'est pas écartée<sup>28</sup> <sup>29</sup>. Lorsque les objets sont emballés, la conséquence des polluants est faible à moyenne car les moyens de prévention au sein du

<sup>27</sup> Selwyn, 2004, p.150.

<sup>28</sup> NABEL, 2010, [En ligne].

<sup>29</sup> A Paris, la plupart des concentrations des polluants est supérieure au niveau naturel des polluants dans l'air. La densité importante d'émission des polluants y est plus qu'avérée. Airparif, 2010, [en ligne].

conditionnement en limitent l'effet. La synthèse montre qu'une fois encore le risque est diminué grâce au conditionnement.

Phase du transport	Risques		
	Vol		
	Probabilité de survenance	Conséquences néfastes sur les objets	Synthèse
Manipulation des objets sans conditionnement	Faible	Elevé	Moyenne
Emballage / Déballage	Faible		Moyenne
Manipulation des objets emballés	Faible		Moyenne
Chargement / Déchargement	Moyenne		Elevé
Transport, douane incluse	Faible à Moyenne		Moyenne à Elevé

Tableau 6 : Evaluation du niveau de risque de vols durant les phases du transport.

Ce tableau présente le niveau de risque de vol durant les phases du transport. Il est peu probable en intérieur, car les objets sont sous la garde des transporteurs et personne n'est sensé connaître les dates du transport. Les phases de chargement et de déchargement sont plus critiques car le fourgon est ouvert. Un degré de probabilité faible à moyen a été attribué au vol lors du transport. Effectivement, sans exclure ce risque, il est réduit de part la discrétion quant aux dates du transport. Il est à noter qu'il est rarissime qu'un vol de biens culturels se produise en phase de transit.

La conséquence d'un vol est dramatique, car elle sous-entend la perte totale de l'objet pour l'institution. Ce tableau est très intéressant, car il montre que le conditionnement ne diminue pas forcément le vol. Ce risque reste toutefois très difficile à évaluer car il ne se produit que de manière rare.

## 2.5 Le transport

Le transport est effectué par camion par une entreprise spécialisée. Ce véhicule équipé de suspension pneumatique est considéré comme un des plus protecteurs contre les chocs et les vibrations<sup>30</sup>. Toutefois, la probabilité de survenance d'un accident est plus élevée par camion que par avion ou par train. Sachant cela, il est recommandé que la conduite des transporteurs respecte le code de la route, tel les distances de sécurité. La vitesse maximale d'un camion employé pour le transport d'œuvres

---

<sup>30</sup> Stollow, 1987, p.111.

d'art est rarement plus élevée que 70 km/h<sup>31</sup>. Grâce au respect des règles et au professionnalisme des transporteurs, les risques d'accident de route au cours du transport sont fortement réduits.

Pour que le déplacement s'effectue dans les meilleures conditions, il doit être correctement planifié. Les transporteurs doivent établir à l'avance l'itinéraire à emprunter de manière détaillée (incluant le lieu et l'heure de la pause). Ce document doit être transmis à l'Abbaye un mois avant le transport, comme le stipule le contrat de prêt.

### 3. Conditionnement des pièces

Une attention très particulière est accordée au conditionnement, car c'est par lui que les objets sont protégés durant les différentes phases du transport. Ce chapitre décrit les exigences du contrat de prêt en matière de l'emballage, le principe de la double caisse ainsi que les critères de choix des matériaux. Cela fait, des propositions de conditionnement avec les moyens mis en œuvre pour réduire les risques engendrés par le transport sont développées. Puis vient une présentation de la manière dont les objets ont été répartis dans les caisses internes. Enfin, ce chapitre propose des solutions concernant les caisses de transport externes et des recommandations sur leur manipulation, leur fabrication et leur utilisation. La signalétique des caisses de transport, leur positionnement et leur arrimage concluent ce paragraphe.

#### 3.1 Exigences du contrat de prêt

Le contrat de prêt signale que le conditionnement des objets doit être effectué par les agents qualifiés de l'emprunteur, soit des conservateurs-restaurateurs ou des transporteurs d'art qualifiés. Les pièces du Trésor sont emballées dans des caisses en bois rigide de qualité « musée ». Le conditionnement doit être identique à l'aller comme au retour. Le contrat fait mention d'exigences particulières quant aux conditions climatiques requises lors du transport. L'humidité relative\* doit être comprise entre 45% et 55% et la température entre 15°C et 25°C à l'intérieur des caisses.

Trois reliquaires soit la Châsse des enfants de saint Sigismond, le reliquaire de la Sainte Epine et le Buste de saint Candide seront vénérés en tant qu'objets cultuels à la cathédrale de Notre-Dame avant d'être exposés au Louvre. Toutefois, tous les objets sont transportés jusque dans la chambre forte du Louvre et par la suite, ces trois reliquaires seront amenés à Notre-Dame par camion. La durée de ce transfert est d'environ dix minutes et représente deux kilomètres. Ces trois objets sont donc mis en caisse séparément.

---

<sup>31</sup> LP ART, [en ligne].



### 3.2 Le principe de la double caisse

Ce système consiste à effectuer une première caisse interne dans laquelle se trouvent l'objet et des matériaux de calage. Cette caisse intérieure est ensuite placée dans une seconde caisse, appelée caisse externe. Entre ces deux contenants, des matériaux d'isolation et de calage sont installés. Le but d'un emballage de ce type est de créer plusieurs barrières entre l'objet et les facteurs de dégradations extérieurs<sup>32</sup>. Si un choc survient au moment du chargement de la caisse, il n'est pas directement transmis à l'objet mais absorbé par les différentes barrières. Bien que ce type d'emballage soit plus coûteux, les avantages qu'il offre ne sont pas négligeables et son utilisation est amplement légitimée par la préciosité du Trésor.

Pour le projet de conditionnement du Trésor, le système de petites caisses aux dimensions standards regroupant plusieurs objets stabilisés dans des matériaux de calage a été imaginé. Ces caisses sont ensuite placées dans une grande caisse en bois rigide. Cette solution semble bien adaptée au Trésor. Effectivement, sur les dix-neuf objets, quatorze sont de petites dimensions ; leurs hauteurs, leurs longueurs et leurs profondeurs ne dépassant pas 303 mm. Un gain de place notable est obtenu en regroupant ces objets dans des caisses internes. De plus, ce regroupement réduit les coûts de l'emballage. Pour les objets qui n'entrent pas dans ces caisses normalisées, des contenants sur mesure sont privilégiés, en appliquant également le principe de la double caisse.

### 3.3 Critères de choix des matériaux

En conservation, il est recommandé d'utiliser des matériaux de conditionnement qui soient compatibles\* avec les objets. Différents éléments sont pris en compte afin de juger correctement la compatibilité du matériau dans un contexte précis<sup>33</sup>, comme la durée du transit du Trésor jusqu'au Louvre. Le temps de cohabitation des matériaux et des objets est très restreint et temporaire. On compte environ sept heures de trajet et vingt-quatre heures de temps d'acclimatation aux caisses avant leur ouverture. En comptant l'aller et le retour des objets, le temps total de contact avec les matériaux de conditionnement est de soixante-deux heures. Ce moment relativement court permet d'être plus souple dans le choix de certains matériaux, comme les matériaux de calage et les isolants.

Les matériaux utilisés ne doivent pas émettre de polluants qui pourraient accélérer la dégradation des objets métalliques dans un milieu fermé, même si leur durée de cohabitation est courte<sup>34</sup>. Toutefois, si une autre solution n'est pas envisageable, il est alors nécessaire d'utiliser des coupes-vapeur ou des matériaux absorbeurs de polluants qui protègent les objets.

---

<sup>32</sup> Stollow, 1980, p.81.

<sup>33</sup> Tétreault, 1992, p.164.

<sup>34</sup> Ibidem, p.165.

Dans le choix de matériaux de calage adaptés aux objets du Trésor, la Règle à calcul de l'Institut canadien de conservation (ICC) ainsi que le logiciel PadCAD se sont avérés utiles (Cf. Chap. 3.5.1 et Annexe 2). Un autre facteur à prendre en compte pour établir les critères de choix des matériaux est leur niveau de proximité avec les objets. Il est impératif que les matériaux en contact direct avec le Trésor soient propres, chimiquement et physiquement stables, neutres et non abrasifs<sup>35</sup>.

### 3.4 Choix des matériaux

#### **Caisses internes et externes**

##### Le bois

Comme le mentionne le contrat de prêt, les caisses de transport sont en bois rigide. Malgré ses nombreux avantages, le bois pose des problèmes de conservation car il dégage des acides organiques volatiles par hydrolyse, tel l'acide acétique très corrosif<sup>36</sup>. L'acidité d'un bois dépend principalement de son essence, de son âge, de la présence de nœud ou non, s'il est sec ou humide<sup>37</sup>. Pour les caisses de transport, il est recommandé d'utiliser un bois ayant un pH\* supérieur à 5<sup>38</sup>. Différentes essences sont utilisées pour façonner des caisses de transport, dont généralement l'épicéa commun (pH compris entre 4 et 5.3)<sup>39</sup>, le peuplier et parfois le contreplaqué est employé à la fabrication de caisses internes en raison de sa légèreté et de sa solidité. Le bois utilisé par les entreprises de transport est traité contre les insectes et la vermine, ainsi il est certifié selon les normes NIMP (Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires, élaborées par la convention internationale pour la protection des végétaux). Bien que la durée de cohabitation des pièces d'orfèvrerie et des caisses en bois soit très réduite, il est nécessaire d'en bloquer les émanations. Jean Tétreault mentionne que quelques jours de contact avec de forte concentration de polluant suffisent à provoquer une dégradation sur les objets qui y sont sensibles<sup>40</sup>. Ainsi il est recommandé d'appliquer un coupe-vapeur à l'intérieur des caisses externes, comme le film de polyéthylène de type Escal®. Ce matériau est thermosoudable sur le bois. Le bois massif est utilisé pour la confection des caisses externes et un contreplaqué est employé pour les caisses internes des grands objets, ce qui en allège le poids.

##### Caisse gerbable en polypropylène de type Rako®\*

Les caisses en polypropylène sont neutres chimiquement, légères, résistantes mécaniquement<sup>41</sup> et imperméables à l'eau. Ces bacs de type Rako® aux dimensions standards sont utilisés comme caisses

---

<sup>35</sup> Illes, 2004, p.17.

<sup>36</sup> Tétreault, 1992, p.166.

<sup>37</sup> Ibidem, p.167.

<sup>38</sup> Tétreault, 1999, p.7.

<sup>39</sup> Tétreault, 1992, p.169.

<sup>40</sup> Tétreault, 2011, [en ligne].

<sup>41</sup> Illes, 2004, p.112.

internes pour quatorze objets de petites dimensions. Les deux des trois reliquaires qui doivent être conditionnés séparément sont placés dans une caisse interne en polypropylène de type Rako® de plus grande dimension. Les caisses en polypropylène de type Rako® sont facilement transportables et empilables. Les entreprises de transport d'œuvres d'art ont parfois recours à ce type de caisse pour déplacer des objets<sup>42</sup>. Il est plus avantageux du point de vue financier de les employer pour contenir les petits objets, plutôt que des caisses en bois. Le désavantage de ce matériau par rapport au bois est qu'en cas d'un incendie, les caisses en polypropylène fondent sur l'objet. Si cette proposition de caisse n'est pas retenue, le bois est utilisé. Pour leur fabrication, il faut utiliser les dimensions internes des caisses de type Rako®.

### **Matériaux isolant**

#### Plaque de polystyrène expansée Sagex™

Les plaques de polystyrène sont communément employées dans les emballages. Ce matériau expansé est très bon marché et léger. Il est un excellent isolant thermique car sa conductivité thermique est faible. Ce matériau est imperméable à l'eau. Les plaques de polystyrène absorbent bien les chocs, toutefois n'étant pas résilientes, leur capacité d'absorption diminue dès les premiers impacts<sup>43</sup>. Le désavantage de ce matériau est que des résidus s'en détachent facilement et étant électrostatiques, ils s'accrochent partout. Il semble que les entreprises françaises de transport utilisent toujours ce matériau<sup>44</sup>. Ainsi, il est recommandé de l'employer, d'autant plus que les caisses de transport ne sont utilisées que pour un aller-retour.

### **Matériau de calage**

#### Mousse de polyuréthane

La règle à calcul de l'ICC ainsi que le logiciel PadCAD sont tous deux parvenus à la même conclusion concernant les types de matériau de calage à utiliser pour le transport. Il s'agit de la mousse de polyuréthane. Il en existe deux types ; à base d'ester et où à base d'éther. Les mousses de polyuréthanes à base d'ester sont plus stables que les éthers<sup>45</sup>. Ces mousses ne sont employées en conservation que temporairement, car elles se dégradent avec le temps et risquent de tâcher les objets métalliques en cas de contact direct. Malgré cela, la mousse de polyuréthane a l'avantage d'être extrêmement résiliente et souple. C'est pour cette raison qu'elle sera préférée à la mousse de polyéthylène plus stable, mais dont la capacité d'absorption des chocs est plus faible<sup>46</sup>. Les mousses

---

<sup>42</sup> Observation faites chez l'entreprise « Harsch ; The Art of the Moving » lors d'une visite le 12.06.2013.

<sup>43</sup> Mousse PS, 2007, [en ligne].

<sup>44</sup> LP ART, [en ligne]. Chez « Harsch ; The Art of the Moving », les plaques de polystyrène ont été remplacées par un matériau nommé SwissPur, fabriqué par SwissPor. Il s'agit de mousse de polyuréthane recouverte d'aluminium ou de verre.

<sup>45</sup> Tétreault, 1992, p.172.

<sup>46</sup> Marcon, 1992, p.216-217.

de polyuréthane sont adaptées au calage d'objets de moins de 10 kg ou ceux ayant une grande fragilité<sup>47</sup>. Or, les objets du Trésor pèsent tous moins de 10 kg. Un matériau intercalaire doit être placé entre la mousse de polyuréthane et l'objet. La mousse de polyuréthane préférentiellement à base d'ester tapissera l'intérieur des caisses internes. Elle est facilement creusée au profil de l'objet et recouverte d'un matériau intercalaire afin de l'y accueillir.

#### Mousse de polyéthylène

La mousse de polyéthylène (Ethafoam®) est inerte chimiquement et stable physiquement. Elle se présente sous forme de grandes cellules fermées et ainsi, une fois coupée, elle devient rugueuse<sup>48</sup>. Il est donc nécessaire d'utiliser un matériau intercalaire entre cette mousse et l'objet. Ce type de mousse est employé comme support et calage pour certains objets (Cf. Chap. 4).

### **Matériau intercalaire**

#### Tyvek®

Le Tyvek® est un tissu non-tissé à base de fibre de polyéthylène de haute densité. Ce matériau est stable chimiquement, lisse et est très résistant à l'abrasion et à la déchirure<sup>49</sup>. Il est recommandé de l'utiliser comme intercalaire entre la mousse de calage et l'objet. Bien que le prix du Tyvek® soit plus élevé que le papier de soie non acide, par exemple, il est plus adapté aux objets du Trésor. Effectivement, beaucoup de pièces du Trésor ont des formes pointues où des décors en relief, ces éléments pourraient facilement déchirer un matériau comme le papier de soie non acide et être ainsi en contact direct avec la mousse de polyuréthane. Cela ne se produit pas en utilisant du Tyvek®, communément utilisé par les entreprises de transport d'œuvres d'art<sup>50</sup>.

### **3.5 Limitation des risques du transport grâce au conditionnement**

Ce paragraphe présente la façon de conditionner et de protéger les objets des risques conséquents au transport. Tout d'abord, chaque risque est décrit selon ses caractéristiques et les conséquences qu'il entraîne sur un bien culturel, suivent ensuite les stratégies de conservation préventive employées afin d'en diminuer l'impact.

#### **3.5.1 Les chocs et les vibrations**

Le choc est un impact plus ou moins violent entre deux ou plusieurs corps. Il est dommageable car il entraîne des contraintes provoquant des déformations, des pertes de matière, des cassures et des

---

<sup>47</sup> Tétreault, 1992, p.172.

<sup>48</sup> Illes, 2004, p.106.

<sup>49</sup> Tyvek®, 2007, [en ligne].

<sup>50</sup> Observations faites chez « Harsch, The Art of The Moving », lors d'une visite le 12.06.2013.

fissures. Un choc est caractérisé par une intensité mesurée en « g » unité d'accélération<sup>51</sup> qui correspond au rapport entre la force du choc et la force de gravité. Par conséquent, « (...) *si un objet subit un choc de 100g, il sera soumis à une force égale à 100 fois son poids pendant un bref moment (de 1 à 10 millisecondes)* »<sup>52</sup>.

Une vibration correspond « (...) *au mouvement d'oscillation d'un objet par rapport à un point fixe* »<sup>53</sup>, et est appréciée selon deux éléments ; sa *fréquence\** en hertz ou cycle par seconde et son *amplitude\**. Tous les objets ont une fréquence naturelle correspondant à la fréquence de vibration la plus basse à laquelle ils réagissent<sup>54</sup>. Cette fréquence naturelle est différente à chaque objet car elle dépend de leur masse et de leur élasticité. Dans le cadre d'un transport, les objets peuvent vibrer à cause du véhicule et des imperfections de la route. Dès lors, ils sont soumis à une fréquence d'oscillation forcée<sup>55</sup>. Cette dernière peut entraîner trois conséquences sur l'objet ; la transmission, la résonnance et l'atténuation. La résonnance est à éviter car l'objet est soumis à de grandes oscillations qui peuvent engendrer des dégâts<sup>56</sup>, tel l'amplification de fissures. Ainsi, il faut mettre en place un système d'amortissement<sup>57</sup>. C'est le système de calage et la caisse externe qui sont soumis aux vibrations. Malheureusement, les chocs et les vibrations sont potentiellement présents durant toutes les phases du transport.

En conservation préventive pour lutter efficacement contre les chocs et les vibrations, les mousses de calage sont employées. C'est l'amortissement interne du matériau qui dissipe l'énergie transmise par le choc et les vibrations avant qu'elle n'atteigne l'objet<sup>58</sup>. Il existe des courbes d'amortissement dynamiques des mousses qui déterminent quelle quantité de matériau de calage doit être utilisée afin d'optimiser la résistance au choc<sup>59</sup>. La Règle à calcul de l'ICC et le logiciel PadCAD sont basés sur ces courbes d'amortissement dynamiques, raison pour laquelle ils ont été employés ici (Cf. Annexe 2). Afin d'utiliser ces deux outils, divers facteurs doivent être considérés : la hauteur de chute probable, la fragilité de l'objet d'où découle le niveau d'isolation souhaité et la surface portante.

La hauteur de chute probable d'une caisse de transport indique le niveau de choc qu'elle peut subir. Celle-ci correspond à la distance entre le sol et la hauteur à laquelle la caisse est portée. Cette hauteur est essentiellement déterminée par le poids du colis car il influence la manipulation de la

---

<sup>51</sup> Marcon, [En ligne].

<sup>52</sup> Marcon, [en ligne].

<sup>53</sup> Ibidem.

<sup>54</sup> Ibidem.

<sup>55</sup> Stollow, 1980, p.106.

<sup>56</sup> Marcon, 1991, p.110.

<sup>57</sup> Stollow, 1980, p.106.

<sup>58</sup> Richard, 1991, p.269.

<sup>59</sup> Ibidem, p.270.

caisse. Les objets du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice étant des objets très précieux<sup>60</sup>, la hauteur de chute est surévaluée à 120 cm afin de protéger au maximum l'objet d'un niveau de choc très élevé. Ce paramètre connu, la fragilité de l'objet reste à déterminer.

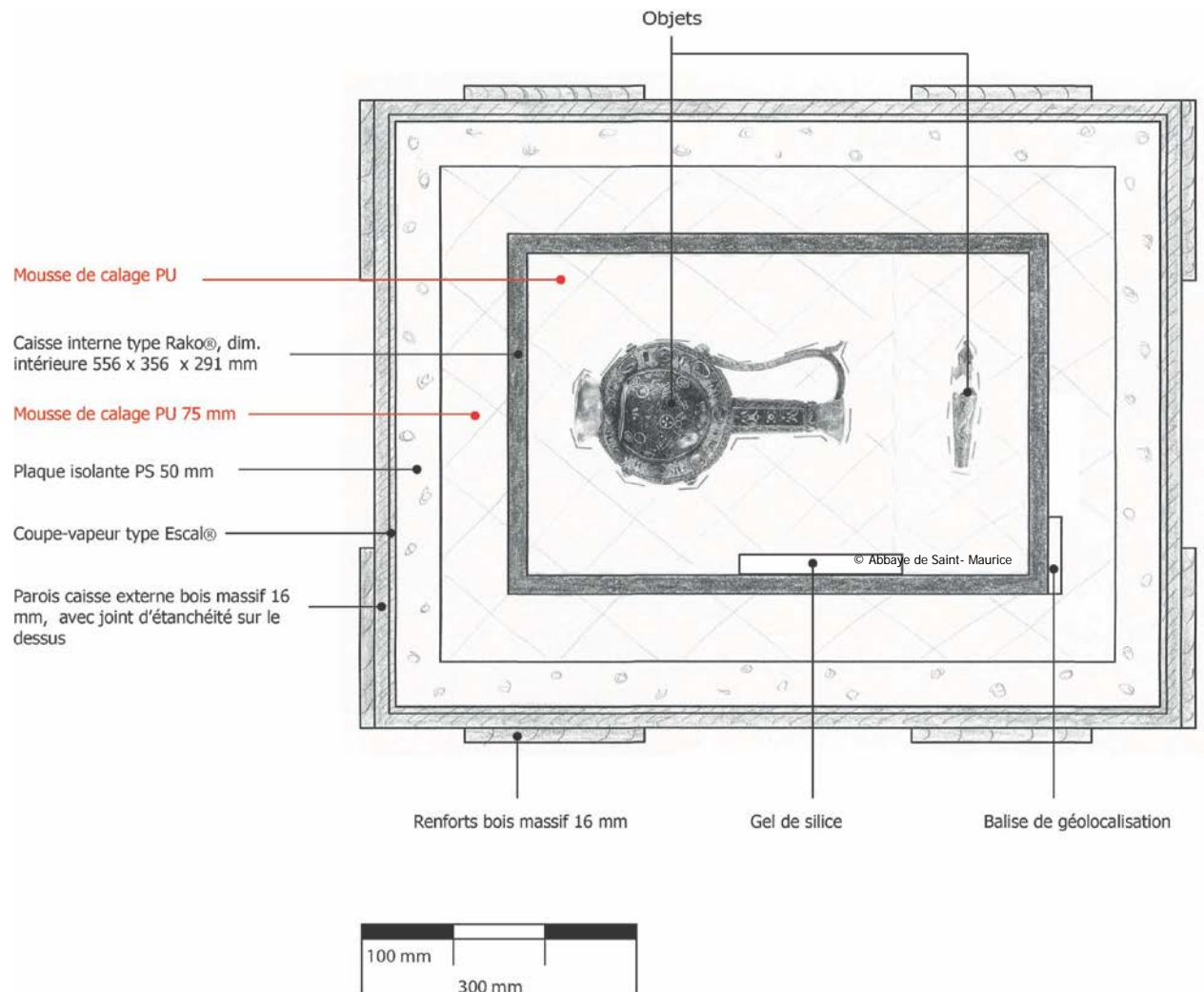
Cette dernière est estimée en « g », correspondant au niveau de choc maximal que l'objet peut supporter avant de subir des dommages<sup>61</sup>. Si les mesures ne sont pas connues, des comparaisons peuvent être menées avec des biens patrimoniaux dont la fragilité est relevée. (Cf. Annexe 2, Tableau 15). Evaluer la fragilité d'un objet est nécessaire afin de savoir quel niveau d'isolation de mousse est à requérir pour assurer un bon niveau de protection. La fragilité des objets du Trésor a été estimée pour l'ensemble des pièces et les valeurs se situant entre 20 et 35 g. Leurs vulnérabilités résident principalement dans leurs assemblages (clouage et vissage). Cela signifie qu'un objet ayant une fragilité de 20 g peut supporter un choc de 20 g sans en subir de conséquence, au-delà il est endommagé.

Enfin, la surface portante correspond à la surface de l'objet reposant sur le produit de calage, elle s'exprime en cm<sup>2</sup>. Cette surface a été estimée pour les dix-neuf objets. Après avoir évalué ces paramètres, ils sont utilisés au travers de la Règle à calcul de l'ICC et du logiciel PadCAD. Voici un schéma d'une proposition de conditionnement qui montre comment utiliser les matériaux de calage afin de limiter les chocs et les vibrations durant le transport.

---

<sup>60</sup> Marcon et Strang, 1994, p.3.

<sup>61</sup> Marcon, 1991, p.107.



© HECR-arc, 2013, M. Rais

*Schéma 1 : Schéma illustrant le conditionnement de deux objets et l'emploi des mousses de calage pour limiter l'impact des chocs et des vibrations.*

Les indications en rouge sur ce schéma représentent les mousses de calage limitant les chocs et les vibrations. La Règle à calcul de l'ICC détermine la qualité, l'épaisseur et le type de mousse idéal pour la caisse interne de type Rako®. La règle a montré que 100 mm de mousse de polyuréthane de type ester de 33 kg/m<sup>3</sup> sous l'objet le protègent efficacement contre les chocs et les vibrations. Le logiciel PadCAD a lui été employé afin de mesurer la quantité et le type de calage à l'extérieur de la caisse interne. Les paramètres inscrits dans le logiciel restent les mêmes, hormis la fragilité de l'objet qui a été diminuée entre 35 et 40 g, car il est protégé par sa caisse interne et son matériau de calage. Les résultats de PadCAD indiquent qu'une protection de 75 mm de mousse de polyuréthane de type éther de 64 kg/m<sup>3</sup> est adéquate. Un schéma en coupe illustre comment les mousses de calage réduisent l'effet des chocs et des vibrations. (Cf. Annexe 3, Schéma 8). Afin de vérifier l'efficacité d'atténuation des chocs par l'emballage, il est possible de placer à l'intérieur des caisses des indicateurs de choc.

### 3.5.2 Les variations hygrométriques

La situation climatique dans laquelle les objets sont soumis avant et après le transport jusqu'au Louvre est à présent analysée. Le transit aura lieu à la fin de l'hiver, les conditions hygrométriques extérieures attendues sont donc froides et sèches. Avant leur départ, les pièces du Trésor sont conservées à une hygrométrie comprise entre 55% et 60%. A leur arrivée au Louvre, elles sont placées dans une chambre forte. Le Facility Report du Louvre, mentionne que les objets peuvent être stockés dans des locaux où les conditions climatiques sont de 18°C à 25°C avec une variation journalière de +/- 5°C. Les valeurs de l'humidité relative restent entre 40% et 60%. Toutefois, l'humidité relative est maintenue à une moyenne d'environ 50% avec une fluctuation de +/- 5%<sup>62</sup>. En supposant que l'humidité relative au départ est de 60% et que l'hygrométrie attendue au lieu d'arrivée est de 40%, les meilleures solutions peuvent être prévues afin d'en palier l'écart.

Il n'est pas souhaitable que les objets du Trésor subissent une variation hygrométrique brusque d'environ 20% lorsqu'ils sont placés dans la chambre forte du Louvre. Effectivement, les objets ayant une âme en bois en souffriraient, car cela entraînerait un changement dimensionnel du matériau, pouvant provoquer un prolongement des fissures existantes. Ainsi, durant le transport, il est préférable d'essayer de maintenir la meilleure stabilité<sup>63</sup>, à une hygrométrie médiane entre celle de départ et celle d'arrivée, soit à 50%. En appliquant cette stratégie, les objets seront amenés progressivement à 40% qui est l'humidité relative attendue à l'arrivée. De plus, le contrat de prêt mentionne que l'hygrométrie à l'intérieur des caisses doit être comprise entre 45% et 55%. Du gel de silice de type PROSorb<sup>®</sup> est utilisé pour limiter les variations hygrométriques à l'intérieur des caisses. Ce type de gel a été choisi car il est très efficace à 50% d'humidité relative. Ce matériau tampon est placé dans les caisses internes afin d'agir directement dans l'environnement où sont conservés les objets. Il est recommandé d'employer deux cassettes de PROSorb<sup>®</sup> de 500 g pour 1 m<sup>3</sup> d'air<sup>64</sup>. Ainsi en fonction du volume des caisses internes, la quantité nécessaire de PROSorb<sup>®</sup> a été déterminée (Cf. Annexe 4). Bien que ces quantités requises soient faibles (moins de 500 g), il paraît intéressant d'utiliser ce gel de silice sous forme de cassette et non de granule, car les cassettes sont très facilement mise en place dans les caisses. De plus, il vaut mieux avoir trop de gel de silice que pas assez. Le PROSorb<sup>®</sup> est calé dans la mousse sur les bords des caisses afin d'éviter un contact avec les objets. Placé de cette manière, le gel de silice ne perturbe pas l'action des mousses de calage.

Dans un milieu fermé, si la température baisse, cela provoque une hausse de l'hygrométrie. Si la température atteint le point de rosé, de la condensation apparaît à l'intérieur des caisses. Elle n'est pas souhaitable car elle favorise le processus de corrosion des objets en métal. Dès lors, comme le

---

<sup>62</sup> Musée du Louvre, 2013, p.20.

<sup>63</sup> Stollow, 1980, p.87.

<sup>64</sup> PROSorb, [En ligne].



mentionne le contrat de prêt, la température à l'intérieur des caisses doit être comprise entre 15°C et 25°C ; le fourgon du véhicule doit donc être chauffé.

Par mesure de prévention, il est nécessaire d'isoler les caisses de transport car elles sont confrontées aux conditions climatiques extérieures lors des phases de chargement, d'arrimage, de désarrimage et de déchargement. Les opérations peuvent durer au maximum trente minutes par phase chargement et arrimage. Les températures minimales attendues à Saint-Maurice au mois de mars sont de 1.5°C et de 3°C à Paris<sup>65</sup>. La température à l'intérieur des caisses est initialement d'environ 20°C. Selon le principe des flux thermiques, le chaud se déplace vers le froid, ainsi la température à l'intérieur de la caisse diminue selon une courbe exponentielle jusqu'à s'approcher progressivement de la température du milieu extérieur<sup>66</sup>. Quelques minutes au contact du froid extérieur suffisent à provoquer un changement de température à l'intérieur des caisses. Dès lors, il est nécessaire d'isoler les parois intérieures des caisses de transport.

Des matériaux isolants employés à l'intérieur des caisses en maintiennent une température stable. Ces matériaux doivent avoir une conductivité thermique très faible<sup>67</sup>. Ainsi, des plaques de polystyrène de type Sagex<sup>TM</sup> de 50 mm sont collées contre les parois en bois de la caisse.

Les professionnels de la conservation se sont intéressés à déterminer combien de temps les matériaux isolants et les autres matériaux de construction maintiennent une température stable à l'intérieur des caisses de transport. Cette évaluation est faite en fonction de la demi-vie thermique\*, cela correspond au temps nécessaire à un environnement pour qu'il atteigne la moitié de la différence entre une température initiale à l'intérieur d'une caisse et la température à l'extérieur<sup>68</sup>. Evidemment, cette demi-vie dépend fortement de la qualité de construction de la caisse, de la capacité thermique de son contenu, du type et de la quantité des isolants utilisés<sup>69</sup>. Il est laborieux de savoir exactement pendant combien de temps la température intérieure restera stable lors du transport sans avoir la caisse et la tester. Cependant, la demi-vie thermique de certains matériaux isolants est connue car elle a été mesurée. Dans le cas qui nous intéresse, les 50 mm de polystyrène mais aussi la mousse de polyuréthane de 75 mm participent activement à l'isolation des caisses. Théoriquement, la demi-vie thermique de 50 mm de polystyrène est de 2.6 et celle de 75 mm de polyuréthane est de 3.6<sup>70</sup>, en regroupant ces données, on obtient une demi-vie thermique de 6.2. La température initiale de

---

<sup>65</sup> Ces données sont issues du site Météosuisse et Météofrance. Saint-Maurice n'étant pas une station de mesure de Météosuisse, la température de 1.5°C correspond à la station d'Aigle qui est à une altitude très proche de celle de Saint-Maurice.

<sup>66</sup> Richard, 1991, p.286.

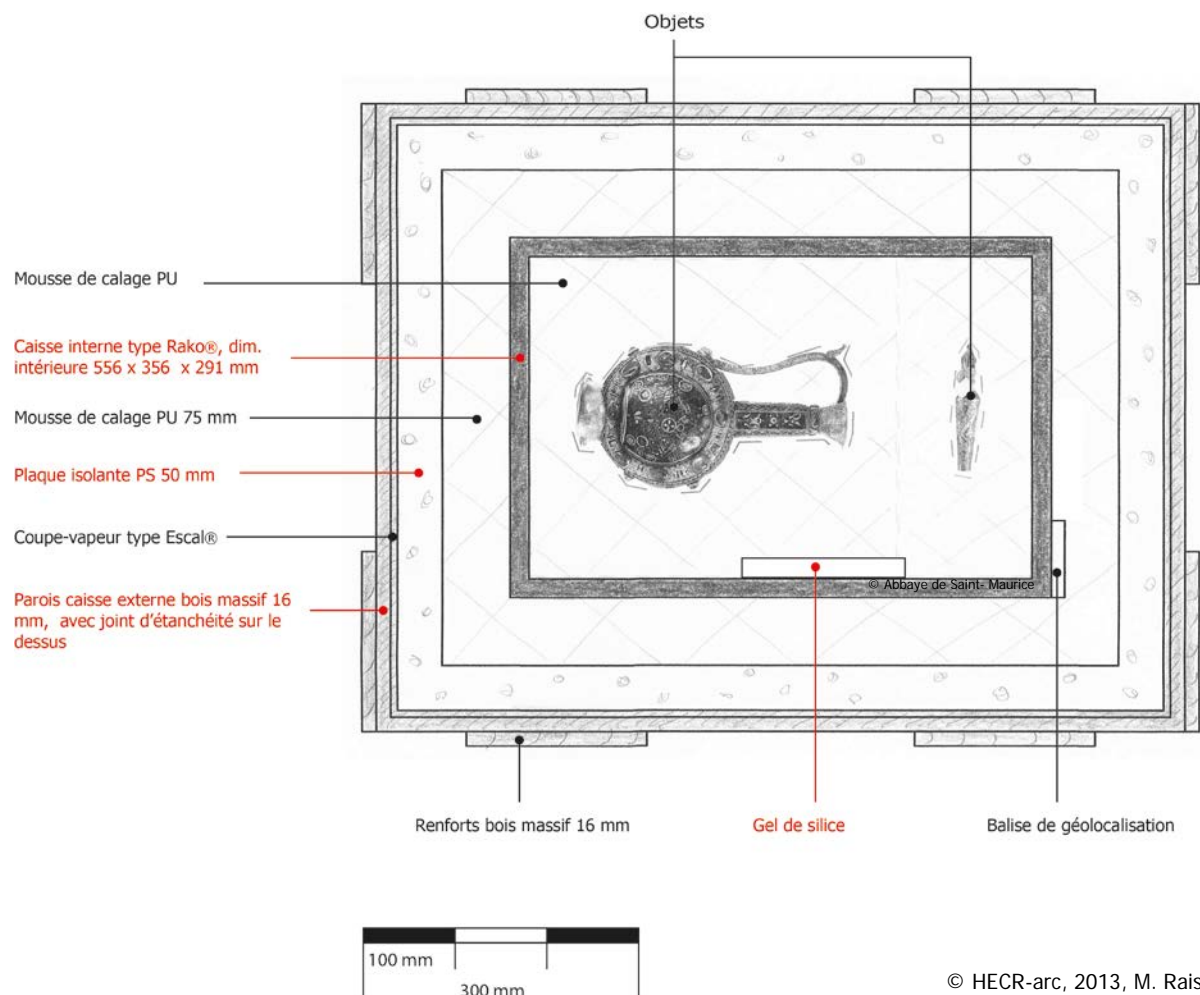
<sup>67</sup> Stalow, 1987, p.113.

<sup>68</sup> Mecklenburg, 1991, p.353.

<sup>69</sup> Richard, 1991, p.286.

<sup>70</sup> Ibidem, p.284.

l'intérieur des caisses est de 20°C et la température extérieure attendue de 1.5°C. Grâce à ces deux isolants, il faut environ six heures et vingt minutes avant d'atteindre la température de 9.25°C (qui correspond à la demi-vie thermique entre 20°C et 1.5°C). Comme les caisses de transport ne sont exposées au climat extérieur que pendant trente minutes, il est probable d'estimer que, grâce aux isolants employés, il n'y aura pas de changements de température notables à l'intérieur des caisses internes. Dans le schéma ci-dessous, les indications en rouge sont les matériaux qui contribuent à limiter les variations hygrométriques.



*Schéma 2 : Schéma illustrant le conditionnement de deux objets et les matériaux utilisés pour limiter les variations climatiques.*

Pour améliorer l'étanchéité des caisses de transport, les entreprises spécialisées<sup>71</sup> utilisent des joints en silicone pour sceller les caisses. Toutefois, comme ceux-ci dégagent des éléments nocifs au

<sup>71</sup> Observations sur les caisses de transport de « Fine Art Transport Natural LeCoultré », « Harsch ; The Art of the Moving » et « LP Art ».

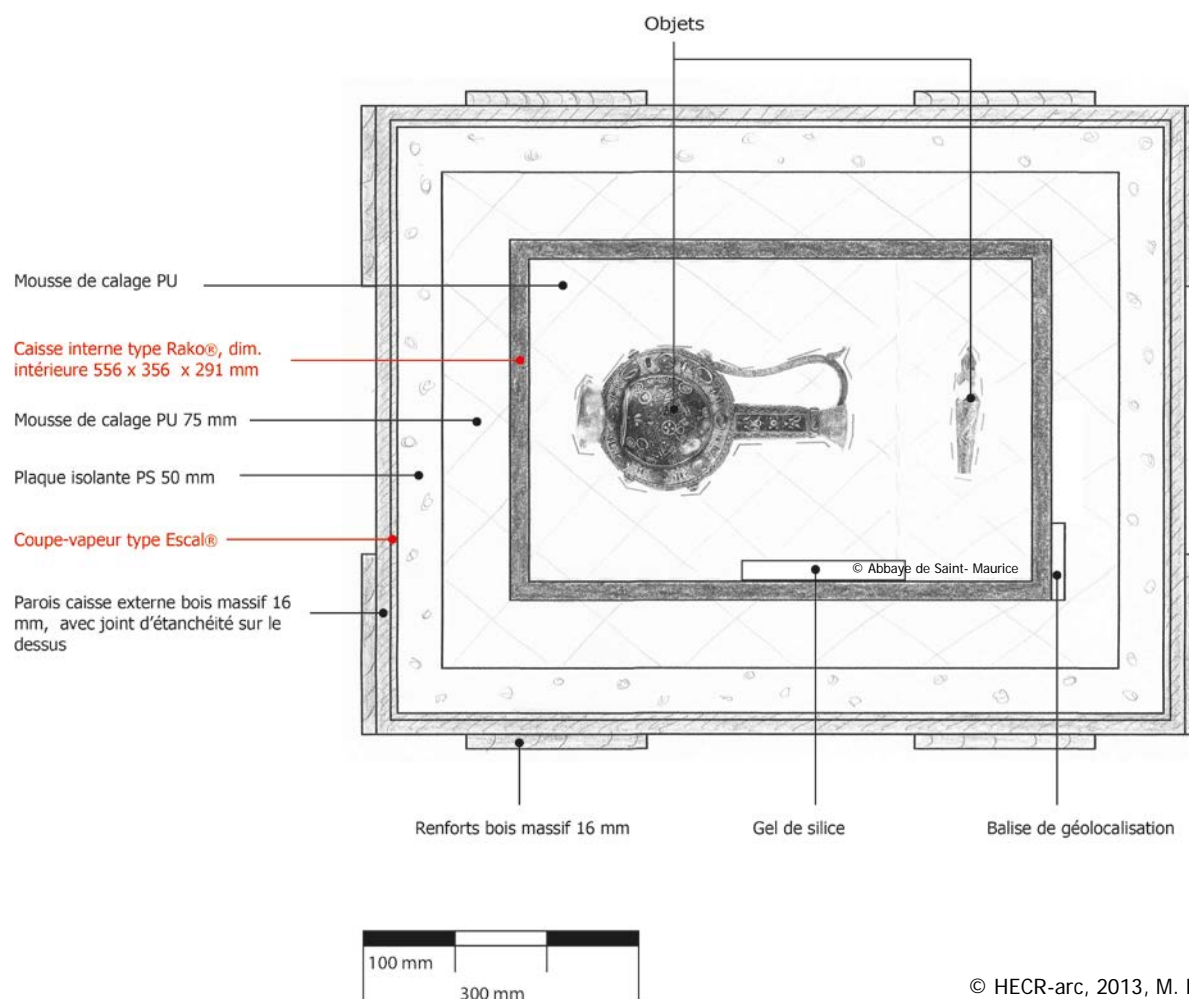
moment de leur pose, il est nécessaire d'attendre environ trente jours avant d'y entreposer les objets<sup>72</sup>.

### 3.5.3 Les polluants internes et externes

Les polluants externes sont ceux issus de la pollution atmosphérique (le dioxyde de soufre et de carbone, l'ozone, l'oxyde d'azote, les composés organiques volatils) et les polluants internes issus des matériaux utilisés pour le conditionnement (comme l'acide acétique issu des groupes acétyles du bois). Comme cela a déjà été observé, il faut éviter le contact entre ces polluants et les objets métalliques car ils favorisent les processus de corrosion. Ainsi, il n'est pas souhaitable d'y exposer les objets fraîchement restaurés. Bien que les objets soient protégés des polluants externes lorsque leur caisse interne est en polypropylène, un coupe-vapeur (film de polyéthylène de type Escal®) est néanmoins recommandé, cela limite l'entrée des polluants externes et fait également office de barrière à l'humidité provenant de l'environnement extérieur. Ce film doit être thermosoudé contre les parois de la caisse externe.

---

<sup>72</sup> Tétreault, 1992, p.172.



© HECR-arc, 2013, M. Rais

*Schéma 3 : Schéma illustrant le conditionnement des objets et l'emploi de matériaux et de coupe-vapeur afin de réduire le contact avec les polluants externes et internes.*

Dans ce projet de conditionnement, les caisses internes en contreplaqué renfermant des pièces posent problème. En effet, les trois objets (la Châsse des enfants de saint Sigismond, la Crosse de Félix V, la Statue équestre de saint Maurice) sont exposés aux polluants internes. Dès lors, il est recommandé d'utiliser des matériaux absorbants de polluants comme le tissu Pacific SilverCloth®. Ce tissu est imprégné de composés métalliques réactifs qui réagissent avec les polluants en protégeant l'objet<sup>73</sup>. Afin d'être suffisamment efficace, ce tissu doit recouvrir une grande partie du bien culturel. Ainsi, il peut être placé sur le Tyvek® et, une fois l'objet posé dans la mousse, le reste du tissu le recouvre. Un exemple de cette proposition est présenté pour le conditionnement spécifique d'un objet (Cf. Chap.4.1.3).

<sup>73</sup> Tétreault, 1992, p.174.

#### 3.5.4 Les accidents

En cas d'accident, les caisses de transport protègent au maximum leur contenu de part leur rigidité. Pour améliorer la résistance de la caisse aux déformations et aux chocs, les menuisiers renforcent les caisses avec du bois massif placé sur le couvercle et sur les quatre côtés. La planche formant le fond de la caisse a une épaisseur supérieure à celles des autres parois. En général, des carrelets en bois massif sont fixés au fond, ce qui le renforce<sup>74</sup>. Ces différentes mesures sont préconisées pour la fabrication des caisses de transport. Il reste difficile de mesurer jusqu'à quelle force d'impact une caisse résiste, sans avoir plusieurs modèles de caisses identiques à tester.

Si un accident survient, il peut être suivi d'un incendie. Un premier moyen préventif est l'utilisation d'un camion muni d'un coupe-circuit et d'extincteurs facilement accessibles. Si l'incendie persiste les flammes entrent en contact avec les caisses de transport. Il est difficile de lutter contre ce risque car le bois commence sa combustion à 140°C<sup>75</sup>. Le bois utilisé pour la fabrication des caisses peut être ignifugé. Toutefois, ce type de bois traité contient des substances qui peuvent être nocives aux objets. Au lieu d'utiliser du polystyrène comme matériau isolant, la laine minérale (laine de verre) le remplace<sup>76</sup>. L'avantage de ce matériau est sa résistance, car il est classé étant incombustible<sup>77</sup>. Il protège le contenu des caisses internes des flammes durant un certain temps. Toutefois, la laine de verre n'empêche pas la chaleur de se propager à l'intérieur de la caisse jusqu'à l'arrivée des secours.

Ce travail n'écarte pas la possibilité qu'un accident de la route et qu'un incendie surviennent. Leur probabilité de survenance est beaucoup plus faible que les variations hygrométriques, les polluants, les chocs et les vibrations et le vol. Il est plus judicieux de limiter le risque d'accident en exigeant que la conduite des transporteurs soit irréprochable en respectant les distances de sécurité et le respect du code de la route. De plus, il est recommandé que le camion soit équipé d'un système de coupe-circuit et d'extincteurs.

#### 3.5.5 Les vols

Le risque de vol est très difficile à gérer, car il est aléatoire et susceptible de survenir lors du chargement et du déchargement ainsi qu'au cours du transport. La meilleure protection est la discrétion quant aux modalités du transport.

---

<sup>74</sup> Informations transmises par Pierre Audétat, menuisier et fabricant de caisses de transport chez l'entreprise CFD Emballage, suite à une visite le 01.07.2013.

<sup>75</sup> Couasnet, 2007, p.41-48.

<sup>76</sup> Stalow, 1987, p.122.

<sup>77</sup> Couasnet, 2007, p.207.

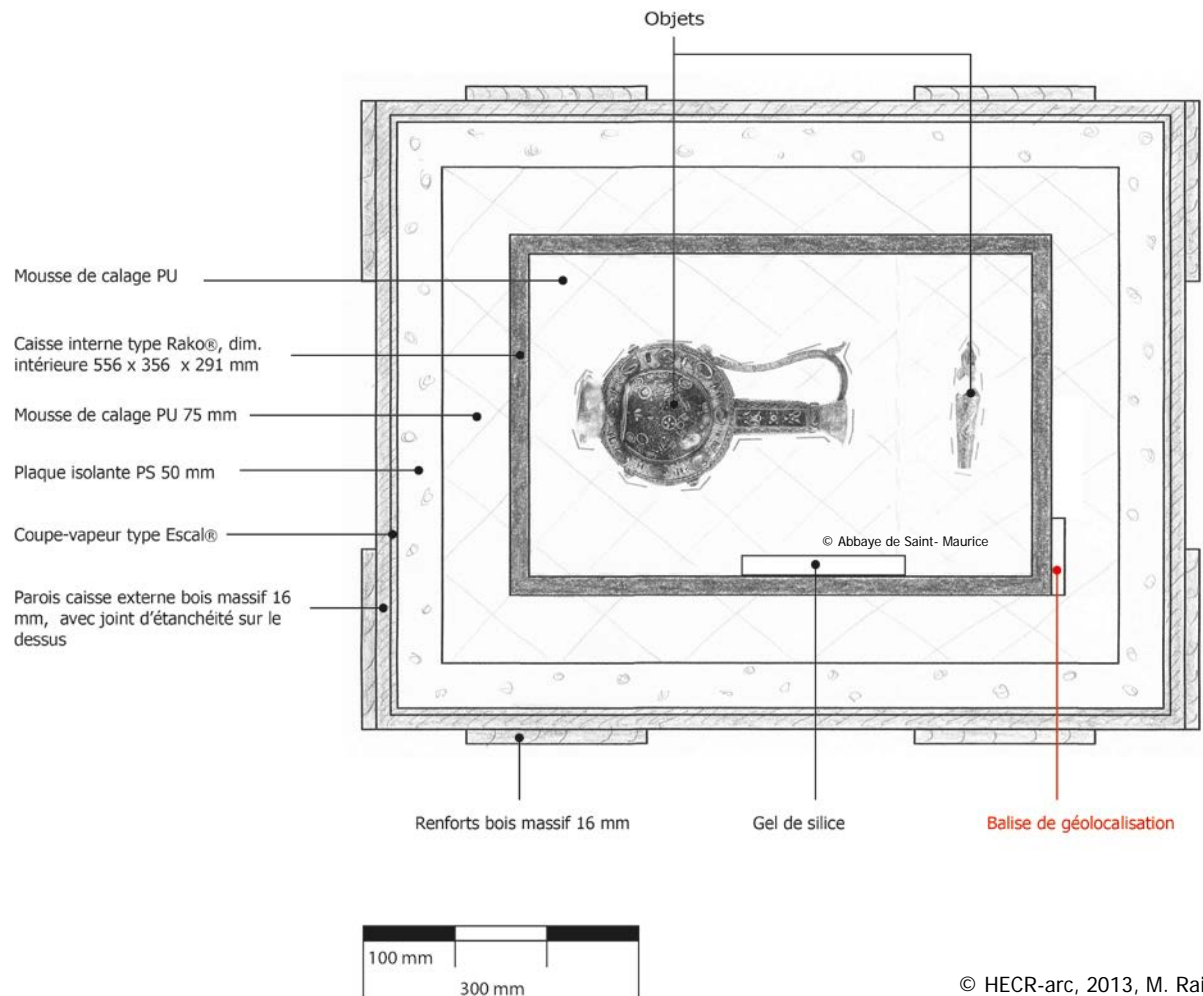
Les camions utilisés sont généralement munis d'éléments de prévention, tels les coupe-circuits, les systèmes d'alarme du fourgon et les systèmes de repérage par satellite (suivi GPS)<sup>78</sup>. Il est préférable que le véhicule utilisé pour le transport ne soit pas étiqueté du logo des prestataires pour ne pas attirer l'attention. Afin de se protéger contre les vols, certaines entreprises utilisent des camions blindés. Toutefois, il est difficile de rendre ce type de transport discret. Si le futur prestataire utilise ce type de véhicule, la commission scientifique peut demander cette protection supplémentaire contre les vols et les accidents, car le blindage est très résistant, mais en contrepartie, la discrétion du moyen de transport est fortement réduite. Suivant le même raisonnement, il est possible de solliciter une escorte armée, mais là encore, le transport perd en anonymat.

Il est possible de sceller l'ouverture des caisses externes avec du plomb, opération effectuée par les douaniers. Cette mesure reste préventive et n'empêche pas une personne mal intentionnée de voler une caisse de transport. Si le voleur n'arrive pas à s'emparer d'une caisse de transport à cause de son poids et ou de sa taille, le scellage au plomb retarde son ouverture. Ce temps gagné permet aux transporteurs de réagir.

Le contrat de prêt exige que des balises de géolocalisation soient placées à l'intérieur des caisses de transport, ceci permettra de suivre en temps réel l'emplacement des caisses internes et de réagir immédiatement en cas de problème.

---

<sup>78</sup> Les entreprises « LP ART » ainsi que « Harsch The Art of Moving » offrent ces prestations.

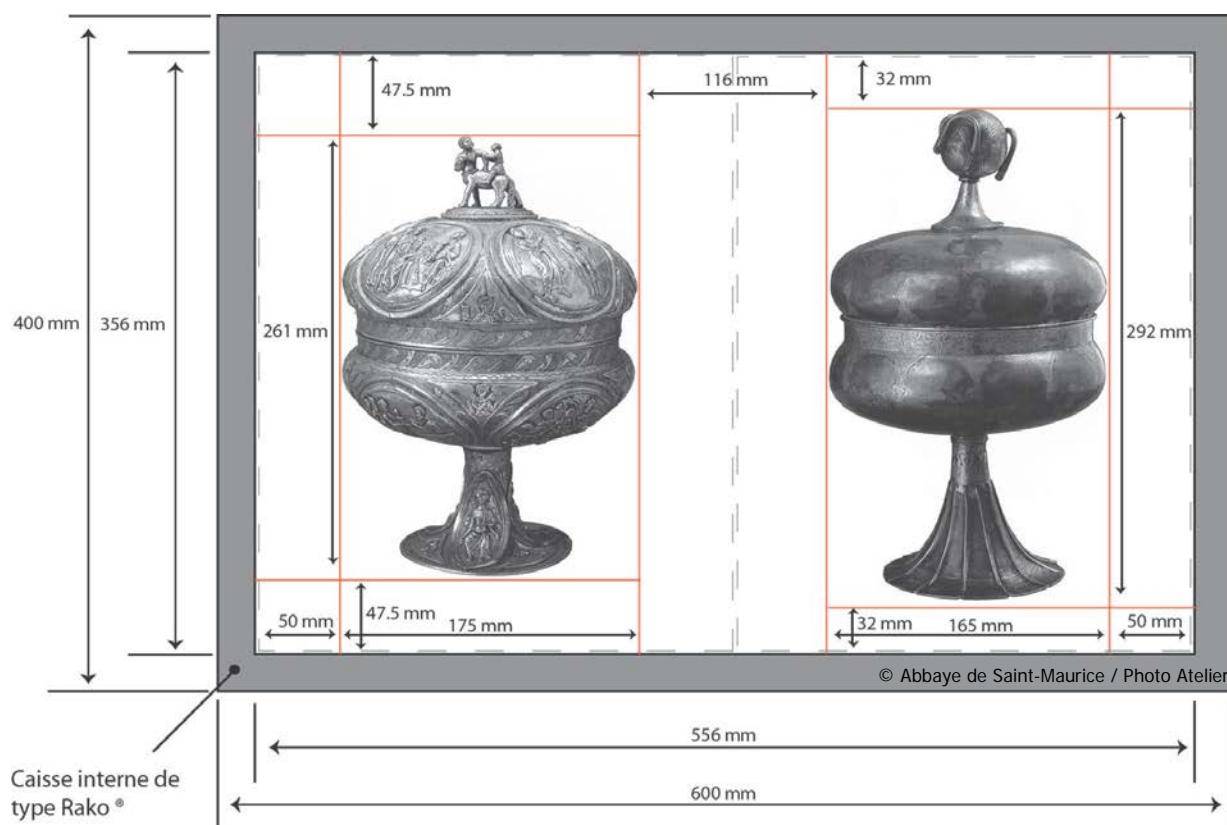


*Schéma 4 : Schéma illustrant le conditionnement des objets et l'emploi de balise de géolocalisation afin de surveiller la position des caisses durant le transport.*

### 3.6 Répartitions des objets dans les caisses internes

La Statue équestre de saint Maurice, la Crosse dite « de Félix V », la Châsse des enfants de saint Sigismond, le Buste de saint Candide ainsi que le reliquaire de la Sainte Epine sont conditionnés spécifiquement dans des caisses sur mesure. (Cf. Chap. 3.7 et 4).

Les quatorze objets restant ont été répartis dans des caisses internes en polypropylène de type Rako® aux dimensions standards soit 600 mm sur 400 mm. Au total, six de ces caisses sont nécessaires. Il a été choisi de regrouper les objets uniquement selon la similitude de leurs formes. Il n'était pas primordial de les rassembler selon leurs matériaux constitutifs, car le contrat de prêt n'exige pas pour le transport, des conditions climatiques spécifiques par matériaux, mais l'ensemble doit être conservé entre 45% et 55% d'humidité relative. De même, aucune logique historique n'a été recherchée. Les trois objets les plus précieux ont été placés dans des caisses différentes. Un espace suffisant est laissé entre chaque objet, ainsi, tous ont un élément de calage individuel, ce qui évite le contact. La mousse est creusée au parfait profil de l'objet afin de le caler correctement.



© HECR-arc, 2013, M. Rais

*Schéma 5 : Répartition de deux objets en caisse interne de type Rako®, soit la Coupe-ciboire au centaure et la Coupe-ciboire dite « de saint Sigismond ».*

Le schéma ci-dessus illustre la répartition de deux objets à gauche la Coupe-ciboire au Centaure et à droite de la Coupe-ciboire dite « de saint Sigismond ». Les traits-tillé de couleur gris sont des éléments de calage qui séparent les objets entre eux. En annexe 8, les figures 36 et 37 représentent



une photographie de cet élément de calage et en montre l'application. Le principe de mise en caisse est pareil pour les douze autres objets. (Cf. Annexe 5).

#### Signalétique de l'emballage et du déballage

Ce travail a voulu imaginer des éléments de calage faciles à enlever pour atteindre l'objet. Ainsi, afin d'y accéder, il suffit de soulever l'élément de calage en mousse et de le saisir par ces points de préhension indiqués par les encoches.

Une petite signalétique à l'intérieur des caisses internes est requise pour ne pas mélanger ces différents éléments de calage. Ceux qui viennent se placer au dessus de l'objet portent une étiquette avec un chiffre. Une vignette identique est fixée à côté de la contre-forme de l'objet correspondant. De cette manière, une fois le déballage terminé, ces éléments sont replacés sans erreur à leur place.

Les entreprises de transport élaborent des guides expliquant comment déballer un objet<sup>79</sup>. Un guide de ce type a été imaginé et est présenté pour les deux pièces dont les conditionnements internes ont été réalisés (Cf. Annexe 8, Tableau 19 et Annexe 9, Tableau 21). Celui-ci se présente sous forme de fiche individuelle par objet et donne des informations sur son identification, sa manipulation et son emballage/déballage. Si ce type de document est exploité dans le cadre du déplacement du Trésor, il doit être conservé séparément des caisses.

### 3.7 Propositions de caisse de transport

Pour le transport des pièces du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice, les trois reliquaires exposés en avant-première à Notre-Dame sont emballés séparément des autres objets. Deux propositions de caisse ont été créées. La première consiste à conditionner des trois reliquaires dans deux caisses de transport et les seize autres objets sont emballés dans une caisse externe unique. Cette caisse unique est construite sur deux étages. (Cf. Annexe 6).

La deuxième proposition est une alternative à la première : les propositions des deux caisses de transport pour les trois reliquaires sont identiques et les seize autres pièces d'orfèvrerie sont emballées dans deux caisses. Ainsi, cette proposition présente quatre caisses de transport pour les dix-neuf objets du Trésor. Après réflexion sur la manière de mettre les caisses internes dans les caisses externes de manière optimale, la première proposition ne s'est pas révélée appropriée. Effectivement, le grand réceptacle unique comprenant seize objets a des dimensions qui limitent sa manipulation. De plus, pour installer les caisses internes sur le deuxième étage il est nécessaire de monter sur une plate-forme, ce qui accroît les risques de chute de caisse. Dès lors, ce chapitre présente uniquement la proposition alternative des quatre caisses de transport car elle semble mieux adaptée à la situation.

---

<sup>79</sup> Information transmises par Patrick Decarroux, technico-commercial Œuvres d'art chez l'entreprise « Harsch ; The Art of the Moving », lors d'une visite le 12.06.2013.

### 3.7.1 Quatre caisses de transport

#### Caisse n°1 : Caisse de la Châsse des enfants de saint Sigismond

La Châsse des enfants de saint Sigismond possède une caisse de transport fabriquée il y a dix ans par l'entreprise « Fine Art Transport Natural LeCoultre ». (Cf. Annexe 7, figure 30 et 31). En voici les caractéristiques :

Nbr de caisse interne	Nbr d'objet	Poids du contenu en kg	Hauteur en mm	Longueur en mm	Profondeur en mm
1	1	Inconnu	790	1440	610

*Tableau 7 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°1.*

Elle est parfaitement utilisable pour le transit de la Châsse jusqu'à Paris. Toutefois, il faut changer toutes les mousses de polyuréthane car après dix ans, elles ont perdu leur capacité d'absorption des chocs<sup>80</sup>. La Châsse est fixée mécaniquement à un socle en Corian muni de quatre barres télescopiques. Il est conseillé de ne pas enlever ce socle car il facilite grandement la manipulation. Si cette proposition est acceptée, il faudra réduire l'épaisseur de la mousse de polyuréthane au niveau du socle à l'intérieur de la caisse interne. En procédant ainsi, elle se referme correctement. De plus, il est recommandé de recouvrir l'objet du tissu Pacific SilverCloth® pour éviter le contact avec les polluants présents dans le contreplaqué. Cette caisse a été construite sans carret. Son poids total n'est pas connu, mais estimé à environ 35 kg. Pour la manipuler, deux personnes la soulèvent à l'aide de ses poignées et la placent sur un petit chariot à roulette pour la transférer.

La Châsse des enfants de saint Sigismond a la particularité de contenir des reliques facilement accessibles par la porte de la Châsse. Actuellement, cet objet contient trop de reliques, ce qui empêche sa fermeture correcte. Si l'Abbaye décide de laisser toutes les reliques à l'intérieur, il n'est pas nécessaire de les caler, car elles sont déjà assurées de part leur volume. Si certaines sont ôtées par les chanoines, du papier de soie non acide servira à les caler. Ainsi, elles sont à l'abri des chocs et des vibrations durant le transport. Toutefois, l'opération n'est pas anodine car les reliques sont sacrées et ne peuvent être touchées que par les chanoines. Il est possible qu'une désacralisation soit faite avant le calage afin de respecter leur caractère sacré.

#### Caisse n°2 : Caisse de la Sainte Epine et du Buste de saint Candide

La Sainte Epine et le Buste de saint Candide sont conditionnés dans une caisse interne en polypropylène de type Rako® de 425 mm de hauteur par 800 mm de longueur sur 600 mm de

---

<sup>80</sup> Tétreault, 2011, [en ligne].

profondeur. Cette caisse est placée dans une externe en bois massif. (Cf. Annexe 7, Plan 4 et 5). En voici les caractéristiques<sup>81</sup> :

Nbr de caisse interne	Nbr d'objet	Poids du contenu en kg	Hauteur en mm	Longueur en mm	Profondeur en mm
1	2	14	841	1129	929

Tableau 8 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°2.

Deux attaches seront placées autour de la caisse de type Rako®. Des angles protègent les arrêtes de la caisse pour que les sangles exercent une pression sur ces éléments et non sur les arrêtes. Elle est ensuite introduite dans la caisse externe selon le même principe observé sur la Châsse des enfants de saint Sigismond. Deux poignées sont accrochées sur les côtés afin de pouvoir au besoin, la déplacer à la main. Des carrelets sont installés au dessous pour l'utilisation d'un transpalette. Concernant les épaisseurs des parois de la caisse externe, des conseils ont été requis auprès de fabricants, afin que la caisse proposée soit suffisamment rigide pour supporter et protéger son contenu. Le plateau du fond est plus épais que les parois. Les parois et les renforts de la caisse sont de même épaisseur<sup>82</sup>.

#### Deux caisses externes pour les seize objets restants

Huit caisses internes ont été réparties dans deux contenants externes dont leur profondeur ne doit excéder 1350 mm afin de passer la porte de sortie de l'Abbaye qui a une largeur de 1370 mm. Les trois objets les plus précieux sont conservés séparément dans des caisses en polypropylène de type Rako®. Afin de se prémunir du vol, ces trois objets sont répartis dans les deux caisses externes. En appliquant cette stratégie, si un vol survient et qu'une seule boîte est dérobée, elle ne contient pas tous les objets précieux. En tenant compte de ces contraintes, une proposition a été imaginée.

#### Caisse n°3

La troisième caisse externe renferme quatre bacs en polypropylène de type Rako® empilés par groupe de deux et la caisse interne de la Crosse dite « de Félix V » (Cf. Chap. 4.1 et Annexe 7, Plan 6 et 7).

Nbr de caisse interne	Nbr d'objet	Poids du contenu en kg	Hauteur en mm	Longueur en mm	Profondeur en mm
5	10	34.6	987	1687	1240

Tableau 9 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°3.

Les quatre caisses de type Rako® sont sangles par groupe de deux selon le même principe que la caisse interne de la Sainte Epine et du Buste de saint Candide. Des compartiments en contreplaqué de 12 mm d'épaisseur séparent les contenants internes. Ces espaces ont une utilité supplémentaire, ils

---

<sup>81</sup> Quinze millimètres en plus ont été rajoutées aux trois dimensions des caisses externes par rapport aux plans des caisses en annexe afin de laisser un espace de vide pour que les différents éléments à l'intérieur s'emboîtent facilement.

<sup>82</sup> Informations transmises par Pierre Audétat, menuisier / fabricant de caisse de transport en bois chez l'entreprise « CDF Emballage », lors d'une visite le 01.07.2013.

sont un support rigide sur lesquels les mousses de calage sont collées, leur évitant ainsi tout mouvement.

#### Caisse n°4

Nbr de caisse interne	Nbr d'objet	Poids du contenu en kg	Hauteur en mm	Longueur en mm	Profondeur en mm
3	6	30.7	1198	1351	929

*Tableau 10 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°4.*

Enfin, la quatrième caisse externe est construite sur le même modèle. Elle détient trois boîtes dont celle de la Statue équestre de saint Maurice (Cf. Chap.4.2) et deux caisses en polypropylène de type Rako®. (Cf. Annexe 7, Plan 8 et 9).

### 3.7.2 Recommandations

#### Choix des caisses de transport

Il est recommandé à la commission scientifique d'opter pour cette proposition regroupant quatre caisses de transport externes. Elles sont toutes facilement manipulables de part leur poids et leur taille. Cette proposition est beaucoup plus pratique, car il n'y a qu'à enlever les couvercles pour y insérer les caisses internes. De plus, leur hauteur étant réduite par rapport à la caisse unique, la distance à laquelle les caisses internes sont soulevées pour être placées dans les externes n'est pas trop élevée, ce qui limite les dégâts d'une éventuelle chute.

#### Manipulation des caisses de transport

Il est préférable de déplacer les caisses externes avec un transpalette pour leur chargement dans le camion et lors du déchargement jusqu'à la chambre forte du Louvre. Les sols du quai de déchargement du musée sont vraisemblablement lisses et réguliers, ainsi les vibrations engendrées par le transpalette sont minimales. Par contre, le sol intérieur de l'Abbaye est en blocs de pierre, utiliser un transpalette peut transmettre des vibrations importantes aux caisses de transport. Il est plutôt recommandé de les porter jusqu'à la porte de sortie de l'Abbaye et de les charger ensuite avec le transpalette.

#### Fabrication des caisses de transport

Les caisses de transport choisies pour le déplacement des objets du Trésor doivent obligatoirement être fabriquées un mois avant leur utilisation, car les éventuelles colles employées lors de leur confection ainsi que les joints en silicone émettent des produits volatils tels des solvants ou des gaz qui peuvent être nocifs pour les objets lorsqu'ils sont confinés dans un milieu fermé<sup>83</sup>.

---

<sup>83</sup> Tétreault, 1992, p.173.

Comme elles ne sont vraisemblablement utilisées que pour un transport, il n'est pas nécessaire de les imperméabiliser avec de la peinture. S'il pleut lors des phases de chargement et de déchargement, il est plus utile de recouvrir les caisses de bâches.

#### Temps d'acclimatation des caisses

Au minimum douze heures avant leur utilisation, les caisses doivent être dans un environnement à environ 50% d'humidité relative et à une température comprise entre 15°C et 25°C pour qu'elles s'acclimatent aux conditions climatiques exigées. Selon le même principe, un temps d'attente de douze à vingt-quatre heures est requis avant d'ouvrir les caisses externes, que ce soit à leur arrivée au Louvre ou à leur retour à l'Abbaye<sup>84</sup>. Ainsi, les objets ne sont pas soumis à des variations thermo-hygrométriques brusques.

Les conditions climatiques attendues pour le retour des pièces jusqu'à Saint-Maurice sont moins problématiques qu'à l'aller, car elles sont tempérées. Toutefois, il est conseillé de régénérer le matériau tampon utilisé à l'intérieur des caisses pour le retour.

#### Stockage des caisses durant l'exposition

Si le musée du Louvre ne peut pas stocker les caisses durant l'exposition, l'entreprise de transport mandatée s'en charge pendant les trois mois d'exposition. Que ce soit le musée ou l'entreprise qui conservent les caisses, le temps d'acclimatation avant leur utilisation doit être respecté.

### 3.7.3 La signalétique des caisses




Signalétique des caisses de transport	
Symboles	Description
	Marchandise fragile
	Les caisses munies de ce symbole doivent être chargées avec les flèches dirigées vers le haut
	Protéger de l'humidité
FRAGILE	Marchandise fragile
OPEN THIS SIDE	Ouvrir ce côté

Tableau 11 : Tableau indiquant la signalétique des caisses de transport.

Les caisses de transport sont toujours annotées de symboles qui sensibilisent leurs manipulateurs à différents éléments. La signalétique est simple et efficace, ce qui permet une identification claire et rapide des bons gestes à employer, comme l'illustre le tableau 11 ci-contre.

Le poids ainsi que la dimension sont indiqués sur les caisses externes. Il est recommandé d'inscrire sur les caisses internes le symbole des flèches indiquant dans quel sens elles doivent être manipulées, bien que ceci puisse paraître évident pour une caisse en polypropylène de type Rako®.

Il est possible de mettre en place une signalétique simple et claire indiquant quel objet se trouve dans quelle caisse interne et externe. La manière de procéder consiste à apposer sur les quatre caisses externes des lettres A, B, C et D qui correspondent

<sup>84</sup> Rémillard, 1995, p.40.

à la dénomination de la caisse externe. Les caisses internes sont annotées de la lettre leur correspondant et d'un chiffre. Ces informations sont rassemblées dans un document écrit conservé séparément. Ainsi l'objet portant la signalétique A1, est conservé dans la caisse externe A et dans la caisse interne n°1. En aucun cas, des photos d'objets doivent apparaître sur les caisses externes et internes pour ne pas en indiquer le contenu et l'emplacement des objets les plus précieux.

#### 3.7.4 Positionnement et arrimage des caisses

En arrimant correctement les caisses dans le véhicule, l'effet des vibrations et des chocs issus du transport est considérablement réduit. Le positionnement des caisses est idéal, si leur centre de gravité est situé au milieu du fourgon pour que le poids des caisses soit réparti sur les essieux. De plus, si le centre de gravité des caisses de transport se situe dans l'axe longitudinal, une meilleure sécurité est apportée aux caisses dans les virages et les freinages<sup>85</sup>. Les quatre caisses de transport sont rassemblées en un bloc carré au centre du fourgon. En les entourant de cellophane, elles sont calées les une contre les autres. Il est conseillé d'arrimer les caisses en croix, avec deux sangles de chaque côté du bloc. Les attaches doivent être suffisamment tendues et leur pression doit être correcte. En les fixant correctement les caisses ne bougent pas pendant le transport. Si le sol du fourgon n'est pas antidérapant, des bandes de caoutchouc placées sous les carrelets évitent tous mouvements. Les transporteurs sont responsables de leur chargement, ainsi ils vérifient l'efficacité de leur arrimage.

## 4. Deux cas précis de conditionnement spécifique

Le conditionnement de proximité de deux objets est présenté dans ce chapitre. Ces objets ont été choisis car ils présentent une certaine complexité de part leur forme, leur surface, leur assemblage, leur taille, leur poids et leur statique. Il est question de la Crosse dite « de Félix V » et de la Statue équestre de saint Maurice. Ainsi, ils seront conditionnés dans des caisses faites sur mesure. Le principe du conditionnement de ces objets est représentatif de l'ensemble des conditionnements proposés pour les objets du Trésor.

### 4.1 Crosse dite « de Félix V »

Dénomination	Propriétaire	N° d'inventaire	Date d'acquisition	Provenance	Dimensions en mm	Poids en kg
Crosse dite "de Félix V"	Abbaye de Saint-Maurice	2015 021	Début XV <sup>e</sup> siècle	Besançon	Hauteur: 857	4.803
					Diamètre de la volute: 195	

Tableau 12 : Tableau décrivant des caractéristiques de la Crosse dite « de Félix V ».

---

<sup>85</sup> ASTAG et *al.*, 2007, [En ligne].

#### 4.1.1 Présentation de l'objet

Cette crosse du XV<sup>e</sup> siècle est de style gothique et est entièrement constituée d'argent partiellement doré. Elle comporte des plaques d'argent émaillées et des émaux qui font office de décor. Cette crosse comprend un crosseron finement décoré, dont la partie centrale (nommée pinacle<sup>86</sup>) est constituée de six faces architecturées reposant sur trois étages. Des émaux de couleur bleu foncé sont placés à l'intérieur ajoutant de la profondeur. Sur chacune des six faces du pinacle, on dénote une statue d'apôtre sous chaque arcade<sup>87</sup>. Les arcades sont séparées par des contreforts dont les arrêtes sont des petites tours ciselées. La base de cette partie est en forme de toit à six pans séparés par des crochets et décorée d'émaux cloisonnés. Le crosseron est constituée de quatre côtés finement décorés d'une tige ciselée représentant une feuille de lierre. L'extrémité du crosseron est ornée des crochets et se termine en volute. Celle-ci renferme en son centre, une statuette de saint Maurice équestre. La douille de la crosse est séparée par deux nœuds aplatis décorés d'émaux et de décors gravés.

La hampe d'origine sur laquelle repose la crosse a disparu. Les six panneaux du pinacle ont été moulés puis assemblés par clouage. Les autres éléments de la crosse sont des plaques d'argent principalement assemblés par clouage, vissage et par soudure.

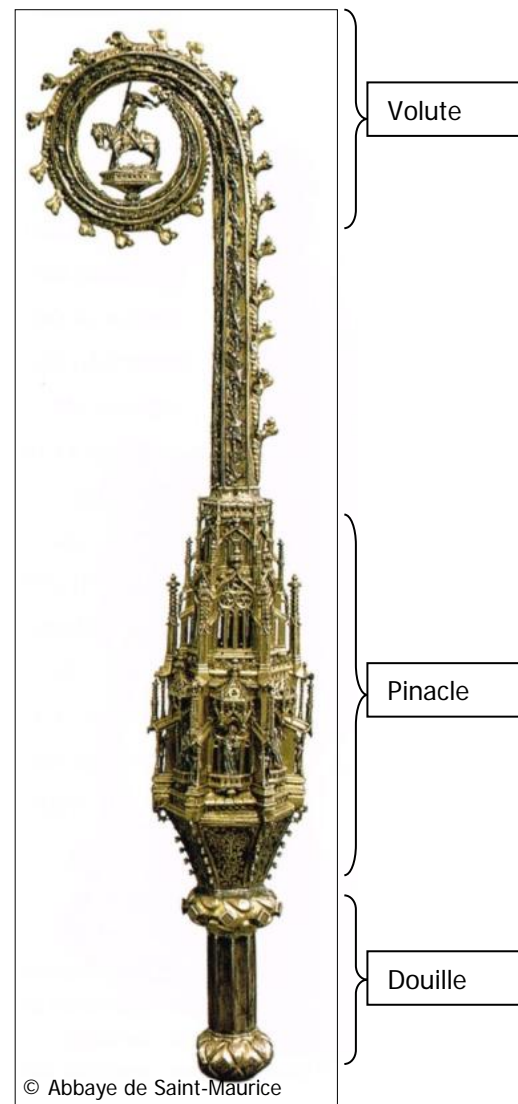


Figure 3 : Photographie de la  
Crosse dite « de Félix V »,  
n°inv., 2015 021.

#### 4.1.2 Constat d'état ciblé pour le conditionnement

Bien que cet objet soit en bon état de conservation, certains détails ne doivent pas être omis. Le nœud qui se trouve à l'extrémité de la crosse présente une lacune du métal. Cet endroit ayant subi une dégradation est vulnérable et ne doit pas être sollicité dans le conditionnement. Plusieurs déformations sont visibles sur le pinacle de la crosse. Effectivement, les petites tours métalliques à l'origine parfaitement droites sont pour certaines, pliées. Ces déformations sont dues au poids

<sup>86</sup> Bouffard, 1974, p.179.

<sup>87</sup> Thurre, 2008, p.108.

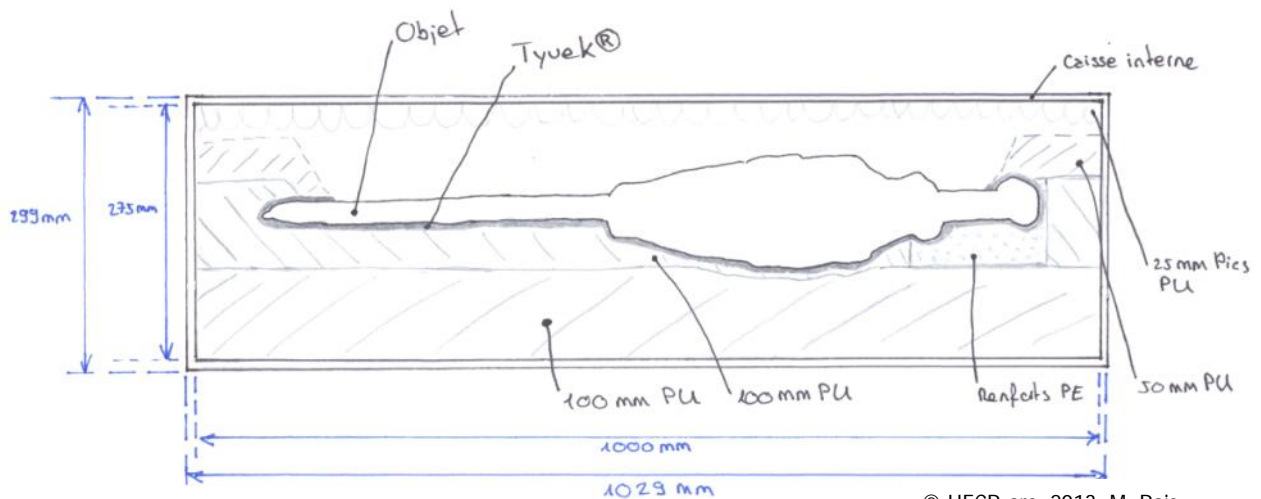
important de l'objet qui a reposé sur ces parties. Les petites tours n'ont pas supportées cette pression et le métal, stressé, s'est déformé, comme l'illustre la figure 4 ci-contre. Ainsi, il est impératif le pinacle ne soit pas sollicité lors du conditionnement.



Figure 4 : Déformations des décors métalliques de la Crosse dite « de Félix V » dues au poids important de l'objet.

#### 4.1.3 Proposition et conception du conditionnement

Les décors, tels les crochets et les tours du pinacle dépassent de l'objet. Ceci entraîne une certaine complexité car ces éléments peuvent facilement s'accrocher voire même s'arracher. Pour le transport, il est nécessaire que la crosse soit en position horizontale, à cause de la répartition de son poids. Celui-ci est concentré sur deux zones. La première se trouve au niveau de la douille et la seconde comprend toute la surface du crosseron jusqu'à la volute. Ainsi, lorsque l'objet est soulevé en position horizontale, la répartition du poids est bien équilibrée entre ces zones. De plus, le pinacle est léger, il n'est pas problématique de ne pas le faire entièrement reposer sur la mousse.



© HECR-arc, 2013, M. Rais

Schéma 6 : Schéma vue en coupe du conditionnement en caisse interne de la Crosse dite « de Félix V ».



L'objet est placé dans de la mousse de polyuréthane<sup>88</sup> creusée à son profil et recouverte de Tyvek®. Suffisamment d'espace est laissé entre l'objet et la caisse. La mousse est installée dans une caisse en contreplaqué d'épicéa de 12 mm d'épaisseur. (Cf. Annexe 8).

La Règle à calcul de l'ICC indique que 100 mm d'épaisseur de mousse de polyuréthane est nécessaire pour protéger efficacement l'objet des chocs durant le transport. Une deuxième plaque de mousse de 100 mm est ajoutée à cette première. Cette deuxième plaque est creusée à la contre-forme de l'objet et suffisamment excavée au niveau du pinacle pour qu'il n'y ait pas de contact. Ces points de contact se situent sous la douille et sous le crosseron. Il a été remarqué que la pression exercée par l'objet au niveau de la douille était trop forte, si bien que le polyuréthane ne la retient pas assez. Cette partie a été renforcée avec de la mousse de polyéthylène Ethafoam® qui est plus rigide que le polyuréthane. De cette manière les parties de l'objet en contact avec le conditionnement sont suffisamment soutenues par les deux types de mousse et l'affaissement du calage est réduit.



*Figure 5 : Vue d'ensemble de la caisse interne de la Crosse dite « de Félix V », avec l'élément de calage supérieur mis en évidence.*

Enfin, une plaque de mousse de polyuréthane de 50 mm d'épaisseur est placée au dessus de l'objet et cale le pinacle de la crosse et tous les côtés, afin d'éviter que l'objet ne se déplace verticalement lors d'un choc. Une fiche descriptive de l'emballage et du déballage de l'objet est présentée en annexe. (Cf. Annexe 7, Tableau 19).

### Recommandations

L'argent partiellement doré qui constitue cette crosse est sensible aux polluants. Or, le contreplaqué d'épicéa pose problème car il est assemblé à l'aide de colles qui peuvent dégager des composés

---

<sup>88</sup> Polyuréthane de type ester, avec une densité de 33 kg/m<sup>3</sup>.

organiques volatiles<sup>89</sup>. Par mesure de prévention, il est recommandé de recouvrir la crosse avec un tissu absorbant de polluants type Pacific SilverCloth®.

## 4.2 Statue équestre de saint Maurice

Dénomination	Propriétaire	N° d'inventaire	Date d'acquisition	Provenance	Dimensions en mm	Poids en kg
Statue équestre de saint Maurice	Abbaye de Saint-Maurice	2015 031	1577	Italie?	Hauteur: 628	3.882
					Longueur: 490	
					Profondeur: 220	

Tableau 13 : Tableau décrivant des caractéristiques générales de la Statue équestre de saint Maurice.

### 4.2.1 Présentation de l'objet

Cet objet représente une Statue votive de saint Maurice équestre sur un socle de forme ovale. Saint Maurice apparaît en armure, il porte une épée et tient une lance dans sa main droite. Le cheval qu'il monte est muni qu'un caparaçon d'apparat. Des reliques sont placées à l'intérieur du corps du cheval. Suite à une restauration, elles ont été maintenues à l'intérieur avec du fil de nylon qui est noué à l'extérieur du corps du cheval en utilisant les trous de clouage.

L'objet est constitué de plusieurs plaques d'argent qui ont été repoussées, ciselées et assemblées principalement par clouage, rivetage et emboîtement. Certaines parties de l'objet ont été coulées comme les pattes du cheval ainsi que les quatre figurines de sphinge supportant la base du socle.

L'objet est composé de plusieurs parties entièrement démontables. Certains éléments sont facilement amovibles comme la lance, l'épée et la visière du casque peut être fermée.



Figure 6 : Photographie de la Statue équestre de saint Maurice, n°inv. 2015 031.

### 4.2.2 Constat d'état ciblé pour le conditionnement

L'état de conservation général de la statue équestre est bon. L'objet a été dernièrement restauré par traitement électrolytique et consolidé.

<sup>89</sup> Le pH du contreplaqué d'epicéa a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre selon la procédure de Jean Tétreault. Toutefois, le résultat obtenu (pH 7.42) est étonnant et non reproductible. L'eau utilisée a probablement engendrée cette erreur car elle n'était pas suffisamment désionisée.

Toutefois, un affaissement du socle est notable au niveau des figurines car celles-ci doivent supporter les 3.882 kg de la statue. Elle a déjà fait l'objet de réparations. Des dégâts importants sont survenus à la suite d'une chute. Les pattes étaient assemblées par rivetage au socle et le choc a entraîné une modification de leur position. Afin de réparer l'objet, des soudures à l'étain ont été faites à plusieurs endroits. Les quatre pattes du cheval ont été soudées au niveau des articulations des épaules. Comme leur position n'était plus d'origine, il n'était peut-être plus possible de les replacer correctement sur le socle. Ainsi, les pattes ont été soudées dans une mauvaise position. Cela a comme conséquence que les sabots ne sont plus à leur place d'origine sur la base du socle. Ils ont également été refixés par des petites soudures.

Suite à ces anciennes réparations, la statique de l'objet est à présent discutable. Les différentes parties constituant l'objet ne s'emboîtent plus correctement. Sans mouvement, toutes les parties de l'objet sont solidaires. Certains éléments ne doivent pas être trop sollicités comme le caparaçon car il n'épouse pas parfaitement le corps du cheval et la base du socle en argent car elle est très souple.



*Figure 7 : Statue votive démontée, laissant apparaître les anciennes soudures à l'étain au niveau des articulations des épaules et le mauvais positionnement d'un sabot*

#### 4.2.3 Proposition et conception du conditionnement

Comme le montre le constat d'état, cet objet doit être conditionné dans sa position de présentation pour des raisons de statique. De plus, certaines parties ne doivent pas être sollicitées par le conditionnement, raison pour laquelle l'idée l'envelopper entièrement l'objet dans une succession de cale en mousse a été abandonnée.

Suite à plusieurs réflexions et discussions<sup>90</sup>, le conditionnement qui semble le plus adapté à l'objet est le système de la caisse à tiroirs. L'objet est placé dans une forme creusée à l'intérieur de tiroirs horizontaux amovibles. Ils sont placés à différentes hauteurs afin de maintenir l'objet immobile durant

---

<sup>90</sup> Notamment avec Denise Witschard et Valentin Boissonnas.

le transport<sup>91</sup>. Ce type de caisse est adapté car elle fixera l'objet dans sa position de présentation. De plus, les tiroirs ne seront en contact qu'avec les endroits les plus résistants de la statue. De cette manière, toute la surface de l'objet n'est pas sollicitée durant le transport. Un avantage supplémentaire qu'offre ce type de caisse est la visibilité directe de l'objet une fois la caisse ouverte.

Comme l'illustre le schéma 7, l'objet est placé dans un plateau en contreplaqué d'épicéa rempli de mousse de polyéthylène de 150 mm d'épaisseur. La mousse est creusée à la contre-forme du socle et des sphinges. Afin de répartir le poids de l'objet uniformément et pour augmenter sa stabilité, la mousse est creusée 10 mm de plus au dessous des figurines par rapport au socle de l'objet. De cette manière, le poids de l'objet est supporté par les quatre figurines et par le socle.

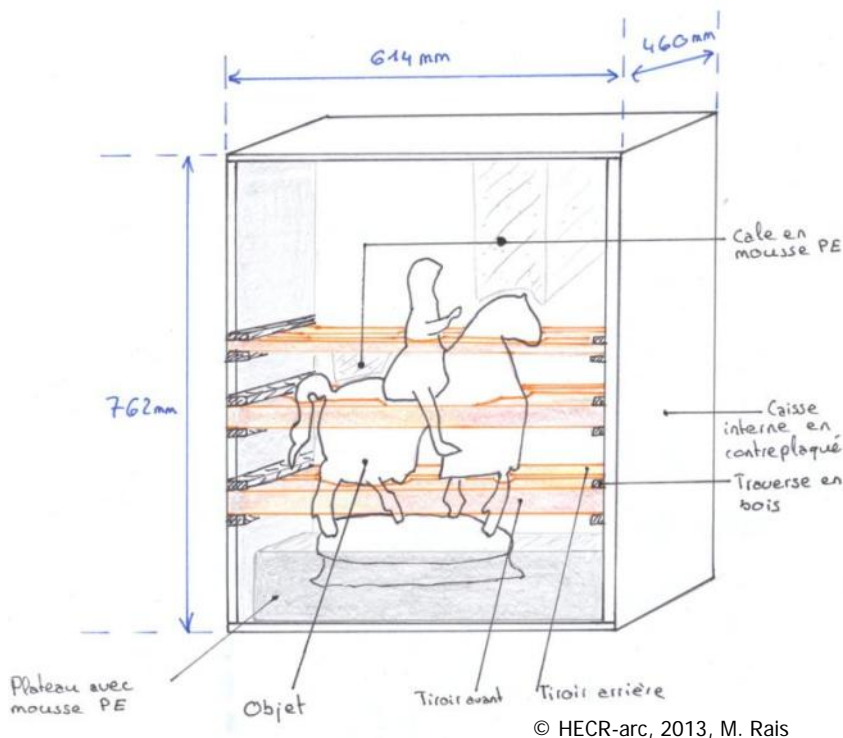


Schéma 7 : Vue en plan du conditionnement en caisse interne de la Statue équestre de Saint Maurice.

Afin de limiter les vibrations, il est recommandé d'enlever la lance et l'épée du cavalier pour le transport<sup>92</sup>. Ces deux éléments sont également placés sur la mousse dans le plateau. Pour y maintenir ces éléments en place, ils sont attachés avec du ruban en coton. Du Tyvek® est utilisé comme intercalaire entre l'objet, l'épée, la lance et la mousse d'Ethafoam®. Trois tiroirs amovibles sont placés à différentes hauteurs afin de caler l'objet.

Le premier tiroir se trouve au niveau des pattes, de cette manière il cale l'objet au niveau de son centre de gravité. Un tiroir est fragmenté en deux parties (Cf. Annexe 9). Le tiroir arrière est placé entre les traverses, vient ensuite l'objet et enfin, le tiroir avant. Ce tiroir est maintenu en place lorsque la caisse est fermée. Le second tiroir soutient l'avant et l'arrière du caparaçon. Le troisième tiroir moins épais que les deux précédents est en contreplaqué et maintient la taille du cavalier. De la

<sup>91</sup> Stollow, 1980, p.73.

<sup>92</sup> Marcon, [En ligne].

mousse Ethafoam® est utilisée entre l'objet et ce tiroir. Une cale en mousse Ethafoam® est collée sur le couvercle de la caisse, afin de retenir l'objet verticalement. Une deuxième petite cale est placée au dessous du troisième tiroir et maintient la croupe du cheval. Ces deux cales sont uniquement installées par mesure de prévention. Toutes les surfaces en mousse en contact avec l'objet doivent être recouvertes de Tyvek®, car une fois découpée elles sont abrasives. Le prototype de ce conditionnement a été réalisé. Il est considéré comme tel, car il n'est pas entièrement affiné. Effectivement, lors de ce travail, la Statue équestre a peu été accessible<sup>93</sup> et les mesures précises des contre-formes de l'objet n'ont été faites qu'une seule fois. Ainsi, ce conditionnement n'a pas été testé



avec l'objet. S'il est utilisé, les finitions seront faites avec l'objet, principalement l'affinement des contre formes des tiroirs en mousse. En annexe, une fiche descriptive de l'emballage et du déballage de l'objet est fournie. (Annexe 9, Tableau 21).

Figure 8 : Photographie de la caisse interne de la Statue équestre de saint Maurice.

### Recommandations

Par mesure de prévention, il faut protéger l'objet des polluants que le contreplaqué pourrait contenir. Il est nécessaire de thermosouder un film absorbant de polluant sur les parois intérieures de la caisse. Le film corrosion Intercept™, est constitué d'un film à base de polyéthylène, chargé de particules de cuivre réactives<sup>94</sup>. De cette manière, s'il y a présence d'émanations nocives, c'est le film Intercept™ qui réagira en premier et non la statue votive. Ces absorbeurs de polluants sont plus efficaces s'ils recouvrent une grande surface, il est donc recommandé d'en appliquer sur les parois internes de la caisse.

Cet objet est certainement le plus fragile au niveau de ses assemblages et de sa statique comparé aux dix-huit autres pièces. Une extrême rigueur devra être requise lors de sa manipulation.

---

<sup>93</sup> L'objet exposé en vitrine, était protégé d'une cloche en plexiglas, engendrant une manipulation délicate pour être retiré, raison pour laquelle l'opération n'a été faite qu'une seule fois pour mesurer l'objet.

<sup>94</sup> Matériaux synthétiques, [en ligne].

## Synthèse / Discussion

Le but de ce travail est de fournir un cahier des charges contenant des recommandations faites à la commission scientifique de l'Abbaye pour assurer la conservation des objets du Trésor durant le transport. Des moyens préventifs mis en œuvre afin d'accéder à cet objectif ont été développés, ainsi le but initial de l'analyse est en grande partie atteint.

S'il est vrai que l'impact de certains risques peut être facilement limité, ce n'est pas le cas de tous les dangers, notamment le vol et toute la problématique de sûreté de l'objet. Il reste difficile d'apporter des solutions qui n'entraînent pas de désavantages. Le camion blindé offre certes une protection supplémentaire, mais la discrétion du transport n'est plus assurée. Bien que le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice soit inestimable, il est délicat de trancher sur la question de la sûreté. Les emprunteurs avaient le souhait de regrouper tous les objets dans une caisse unique lors des discussions préliminaires, dans le but d'augmenter la sûreté des objets. Il est effectivement difficile de voler une caisse de grande dimension. Dans mes réflexions préliminaires, les schémas d'une telle caisse ont été imaginés. Ses dimensions ne lui permettent pas d'entrer dans l'Abbaye, dès lors, l'idée a été abandonnée. Il arrive que les entreprises de transport emballent chaque objet dans une caisse sur mesure et les transportent dans différents véhicules. Cependant, pour des raisons d'économie de place et de coût, cette solution n'a pas été retenue. La commission scientifique peut toujours demander que les quatre caisses soient transportées dans différents véhicules, sachant que le coût du transport en est plus élevé. L'entreprise prestataire, de part son expérience, est certainement plus habilitée que moi pour se prononcer sur ce point.

La réalisation des conditionnements de proximité des deux objets complexes, a démontré que la Règle à calcul de l'ICC et le logiciel PadCAD ne doivent pas être utilisés aveuglément. Les objets ont certaines spécificités qui ne peuvent pas être pris en considération par ces outils. Un poids important de la Crosse dite « de Félix V » est concentré dans la douille de l'objet. La mousse de polyuréthane s'affaisse beaucoup sous le poids de la douille. Ceci a été contourné en y plaçant des renforts de mousse de polyéthylène Ethafoam®. Au vu de ces résultats, il a été recommandé de placer des renforts de même type sous le Buste de saint Candide. Ayant un poids important (7.16 kg), il est à présent évident que le polyuréthane s'enfonce trop, ce qui peut ne pas assurer un bon calage. Les autres objets du Trésor conditionnés dans la mousse de polyuréthane n'ont pas ce problème car leur poids est négligeable. La Règle à calcul de l'ICC et le logiciel PadCAD restent de très bons outils, toutefois les solutions qu'ils proposent ne doivent pas supplanter le jugement du professionnel.

Ce travail ouvre d'autres perspectives, notamment sur les coûts qu'engendre un transport de biens culturels. La dépense de la réalisation du conditionnement interne a été indiquée pour la Crosse dite « de Félix V » et celui de la Statue équestre de saint Maurice. (Cf. Annexe 8 et 9, Tableau 19 et 20). Le montant total d'une caisse de transport de bonne qualité peut varier de 300 fr.- à 1'000 fr.- voire

plus suivant le niveau de sophistication des matériaux employés à la fabrication de la caisse<sup>95</sup>. Afin d'avoir une estimation du prix global qu'engendre la fabrication des caisses et le transport, des devis doivent être demandés aux entreprises. Une fois les prestataires du transport connu, le devis incluant le coût total des propositions faites à la commission scientifique peut être demandé, bien que l'Abbaye n'assume pas la charge financière du déplacement du Trésor.

---

<sup>95</sup> Informations transmises par Patrick Decarroux, Technio-Commercial Œuvres d'art, lors d'une visite le 12.06.2013.

## **Conclusion générale**

Au terme de ce travail théorique ayant duré trois mois, l'expérience menée a été des plus enrichissante. Le projet qui m'a été octroyé par la commission scientifique comporte de grandes responsabilités. Il implique une tenue des aspects confidentiels inhérents à la future exposition. Par ailleurs, les propositions développées dans cette étude doivent absolument assurer la sécurité physique du Trésor durant son transport. Les exigences en matière de cette sécurité sont d'autant plus importantes au vu du caractère inestimable des objets de l'Abbaye de Saint-Maurice.

C'est en mettant à profit les connaissances acquises durant mon Bachelor et en les approfondissant qu'une réflexion a pu être élaborée. C'est aussi grâce à la collaboration et l'apport de connaissances de personnes issues de la conservation, des entreprises de transport, des fabricants de caisse et de l'administration fédérale des douanes que ce travail a pu être mené à bon terme.

Cette recherche m'a fourni une expérience professionnelle dans un contexte très pratique de la conservation préventive. Le transport du Trésor n'aboutira qu'au printemps 2014, ainsi les conclusions du projet sont loin d'être terminées. J'espère que les résultats de cette étude aideront la commission scientifique dans ses choix.



## Liste des Références bibliographiques

- Abbaye de Saint-Maurice, [en ligne] : *Abbaye de Saint-Maurice* [En ligne]. Abbaye de Saint-Maurice, 2007-2013 [consulté le 04.06.2013]. <http://www.abbaye-stmaurice.ch/abbaye.html>
- Abbaye 1500<sup>ème</sup>, [en ligne] : *Abbaye de Saint-Maurice 1500 ans* [En ligne]. Abbaye 1500, 2012 [consulté le 30.04.2013]. <http://www.abbaye1500.ch/index.php/grands-projets/3-grands-chantiers>
- AirParif, [en ligne] : *Air et climat, des sources de pollution communes* [En ligne]. Airparif, 2010 [consulté le 21.06.2013]. <http://www.airparif.asso.fr/pollution/air-et-climat>
- aMarca. 2008 : aMarca, Mathias. *L'emballage et le transport d'une exposition archéologique : Evaluation des besoins fonctionnels*. La Chaux-de-Fonds, 2008, non publié.
- ASTAG et al., 2007, [en ligne] : Association Suisse des Transports Routier, et al. « Arrimer correctement, charger correctement ». In *ASTAG Association suisse des transports Routiers* [En ligne]. 2007 [consulté le 06.06.2013]. [http://www.astag.ch/upload/docs/ASTAG/Ladungssicherung\\_f.pdf](http://www.astag.ch/upload/docs/ASTAG/Ladungssicherung_f.pdf)
- Benaiteau, 2012 : Benaiteau, Carole et al. *Concevoir et réaliser une exposition*. Eyrolles, Paris, 2012.
- Bouffard, 1974 : Bouffard, Pierre. *Saint-Maurice d'Agaune : Trésor de l'Abbaye*. Les éditions de Bonvent, Genève, 1974.
- Carnet ATA, 2007, [en ligne] : *Carnet ATA* [En ligne]. Administration fédérale des douanes : Confédération suisse, 2007 [consulté de 02.07.2013]. [http://www.ezv.admin.ch/zollinfo\\_firmen/04203/04308/04324/05210/index.html?lang=fr](http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/04203/04308/04324/05210/index.html?lang=fr)
- Couasnet, 2007 : Couasnet, Yves. *Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction : Référentiels normatifs, européens et internationaux, critère de classement des performances*. Editions Le Moniteur, Paris, 2007.

- Gentile, 1992 : Gentile, Stefania. *La face cachée des expositions : Le déplacement des œuvres d'art dans les musées suisses ; Die Kehrseite des Ausstellungsbetriebs : Der Transport von Kunstwerken in den Schweizer Museen*. NIKE, Berne, 1992.
- Illes, 2004 : Illes, Véronique. *Guide de manipulation des collections*. Somogy, Paris, 2004.
- Jacot, 2007 : Jacot, Thierry. « Conservation préventive ». In Schweizer, François et Witschard, Denise *et al. La Châsse des enfants de Saint Sigismond: un prestigieux reliquaire restauré*. Somogy, Paris, 2007. p.223-227.
- LP ART, [en ligne] : LP ART. « LP ART, Le guide ». In *LP ART : Transport d'œuvres d'art et d'expositions* [en ligne]. LP ART [Consulté le 20.05.2013].  
<http://www.lpart.fr/pdf/emballage.pdf>
- Marcon, 1991 : Marcon, Paul. « Shock, vibration, and protective package design ». In *Art in Transit : Studies in the Transport of Paintings: International conference on the packing and transportation of paintings, September 9, 10 and 11, 1991, London*. Marion Mecklenburg, National Gallery of Art, Washington, 1991, p.107-120.
- Marcon, 2011, [en ligne] : Marcon, Paul. « Forces physiques ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. ICC, mise à jour le 02.08.2011 [Consulté le 05.06. 2013].  
<http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap01-fra.aspx>
- Marcon et Strang, 1994 : Marcon Paul et Strang, Thomas. *Sélection des produits de calage à l'aide de la règle à calcul de l'ICC et du logiciel PadCAD*. Institut canadien de conservation, 1994, Ottawa. (Publication spéciale).
- Matériaux synthétiques, [en ligne] : *Films, Matériaux synthétiques et panneaux légers* [En ligne]. Stouls-Conservation [consulté le 06.06.2013]. [http://www.stouls-conservation.fr/FR/boutique.asp?cha\\_id0=284&cha\\_id1=294](http://www.stouls-conservation.fr/FR/boutique.asp?cha_id0=284&cha_id1=294)

- Mecklenburg, 1991 : *Art in Transit : Studies in the Transport of Paintings: International conference on the packing and transportation of paintings, September 9, 10 and 11, 1991, London*. National Gallery of Art, Washington, 1991.
- Mousse PS, 2007, [en ligne] : *Mousse de polystyrène expansé (EPS)* [En ligne]. Centre de conservation du Québec, mise à jour le 17.12.2007 [consulté le 10.06.2013].  
<http://preservart.ccq.mcccq.gouv.qc.ca/ProduitFiche.aspx?NoProduit=P0026>
- Musée du Louvre, 2013 : Musée du Louvre. *Facility report Louvre*. Document administratif interne au Louvre, Paris, 2013, *non publié*.
- NABEL, 2010, [En ligne] : *Requêtes de données NABEL* [En ligne]. Office fédéral de l'environnement, mise à jour 13.09.2010 [Consulté le 10.06.2013].  
[http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick\\_zurueck/datenabfrage/index.html?webgrab\\_path=aHR0cDovL2F1cm9yYS5tZXRIb3Rlc3QuY2gvYmFmdS9uYWJlYm9hYm9yZWdlX25ldS9pbmRleC5waHAvYXVzZ2FiZS9pbmRleC8x&lang=f](http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick_zurueck/datenabfrage/index.html?webgrab_path=aHR0cDovL2F1cm9yYS5tZXRIb3Rlc3QuY2gvYmFmdS9uYWJlYm9hYm9yZWdlX25ldS9pbmRleC5waHAvYXVzZ2FiZS9pbmRleC8x&lang=f)
- PROSorb, [En ligne] : *PROSorb, Fiche technique* [En ligne]. PROMUSEUM, [Consulté le 10.09.2013].  
[http://www.promuseum.fr/\\_upload/ressources/fiche-technique/c726/c-726-produit-dessicant---fichetechnique.pdf](http://www.promuseum.fr/_upload/ressources/fiche-technique/c726/c-726-produit-dessicant---fichetechnique.pdf)
- Rémillard, 1995 : Rémillard, France. « Le transport et l'emballage des objets de collection ». In *Protection des biens culturels en déplacement, Centre de conservation du Québec, Cahier de l'ARAAFU, Journées d'étude 26-27 juin 1995*. Centre de conservation du Québec, Québec, 1995, p. 37-44.
- Richard, 1991: Richard, Mervin. « Control of temperature and relative humidity in packing cases ». In *Art in Transit : Studies in the Transport of Paintings: International conference on the packing and transportation of paintings, September 9, 10 and 11, 1991, London*. Marion Mecklenburg, National Gallery of Art, Washington, 1991, p.279-297.
- Schumann, 2005: Schumann, Walter. *Guide des pierres précieuses: pierres fines et ornementales*. Delachaux et Niestlé, Paris, 2005.
- Selwyn, 2004: Selwyn, Lyndsie. *Métaux et corrosion : Un manuel pour le professionnel de la conservation*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2004.

- Stefanaggi, 2001: Stefanaggi, Marcel. « Chapitre 1 : Le climat ». In Mardaga, Pierre (éd.). *Préserver les objets de son patrimoine : Précis de conservation préventive*. Editions Pierre Mardaga, Sprimont, 2001.
- Stolow, 1980 : Stolow, Nathan. *La conservation des œuvres d'art pendant leur transport et leur exposition*. UNESCO, Genève, 1980.
- Stolow, 1987 : Stolow, Nathan. *Conservation and exhibitions : packing, transport, storage, and environmental considerations*. Butterworths, Londres et Boston, 1987.
- Tétreault, 1992 : Tétreault, Jean. « Matériaux de construction, matériaux de destruction ». In *La conservation préventive, Paris, 8, 9 et 10 octobre 1992 : colloque que la conservation-restauration des biens culturels. 3<sup>e</sup> colloque de l'Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire*. ARAAFU, Paris, 1992, p.163-176.
- Tétreault, 1999 : Tétreault, Jean. *Revêtement pour l'exposition et la mise en réserve dans les musées*. ICC, Ottawa, 1999. Bulletin technique de l'ICC n°21.
- Tétreault, 2003 : Tétreault, Jean. *Polluants dans les musées et les archives : évaluation des risques, stratégies de contrôle et gestion de la préservation*. Institut canadien de conservation, Ottawa, 2003.
- Tétreault, 2011, [en ligne] : Tétreault, Jean. « Matériaux d'expositions : les bons, les mauvais et les autres... ». In *Institut Canadien de Conservation* [en ligne]. ICC, mise à jour le 02.08.2011 [consulté le 20.05.2013].  
<http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-apropos/action/83-fra.aspx>
- Thurre, 2008 : Thurre, Daniel. *Le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice : Il Tesoro dell'Abbazia di Saint-Maurice*. Publi-Libris, Lausanne, 2008.
- Tyvek®, 2007, [en ligne] : Tyvek® [En ligne]. Centre de conservation du Québec, mise à jour le 17.12.2007 [consulté le 10.06.2013].  
<http://preservart.ccq.mcccf.gouv.qc.ca/ProduitFiche.aspx?NoProduit=P0096>

Waller, 2003 :               Waller, R. Robert. *Cultural property risk analysis model : development and application to preventive conservation at the canadian Museum of nature.*  
Acta Universitatis Gothoburgensis, Göteborg, 2003.

## Liste des figures

<i>Figure 1 : Utilisation de la Châsse des enfants de saint Sigismond lors de la procession du 22 septembre.....</i>	10
<i>Figure 2 : Ternissement recouvrant le Buste de saint Candide, n°inv., 2015 008. ....</i>	11
<i>Figure 3 : Photographie de la Crosse dite « de Félix V », n°inv., 2015 021. ....</i>	44
<i>Figure 4 : Déformations des décors métalliques de la Crosse dite « de Félix V » dues au poids important de l'objet. ....</i>	45
<i>Figure 5 : Vue d'ensemble de la caisse interne de la Crosse dite « de Félix V », avec l'élément de calage supérieur mis en évidence. ....</i>	46
<i>Figure 6 : Photographie de la Statue équestre de saint Maurice, n°inv., 2015 031. ....</i>	47
<i>Figure 7 : Statue votive démontée, laissant apparaître les anciennes soudures à l'étain au niveau des articulations des épaules et le mauvais positionnement d'un sabot ..... </i>	48
<i>Figure 8 : Photographie de la caisse interne de la Statue équestre de saint Maurice. ....</i>	50
<i>Figure 9 : Châsse des enfants de saint Sigismond, n°inv., 2015 001. H : 432 mm, L : 705 mm, P : 335 mm.....</i>	67
<i>Figure 10 : Vase de sardonix, n°inv., 2005 004. H : 203 mm, Diamètre 114 mm ..... </i>	67
<i>Figure 11 : Coffret de Teudéric, n°inv., 2015 005. H : 125 mm, L : 190 mm, P : 65 mm.....</i>	67
<i>Figure 12 : Aiguière « dite de Charlemagne », n°inv., 2015 006. H : 303 mm, Diamètre 163 mm, P : 163 mm.....</i>	67
<i>Figure 13 : Bourse des saints Innocent et Candide, n°inv., 2015 007, H : 145 mm, L : 142 mm, P : 50 mm.....</i>	68
<i>Figure 14 : Buste de saint Candide, n°inv., 2015 008, H : 570 mm, L : 247 mm, P : 247 mm.....</i>	68
<i>Figure 15 : Bras « dit de saint Bernard », n°inv., 2015 009, H : 460 mm, L : 137 mm, P : 128 mm ..</i>	68
<i>Figure 16 : Fiole à parfum, n°inv., 2015 010, H : 142 mm, P : 29 mm ..... </i>	68
<i>Figure 17 : Crosse limousine, n°inv., 2015 011, L : 196 mm.....</i>	69
<i>Figure 18 : Coupe-ciboire dite « de saint Sigismond », n°inv., 2015 013, H : 292 mm, Diamètre : 165 mm.....</i>	69
<i>Figure 19 : Coupe-ciboire au centaure, n°inv., 2015 014, H : 261, Diamètre : 175 mm.....</i>	69
<i>Figure 20 : Sainte Epine, n°inv., 2015, H : 203 mm, Diamètre : 94 mm ..... </i>	69
<i>Figure 21 : Croix de saint Louis, n°inv., 2015 016.1, H : 300 mm, L : 158 mm ..... </i>	70
<i>Figure 22 : Chandelier de Félix V, n°inv., 2015 019.1, H 265 mm, Diamètre : 121 mm ..... </i>	70
<i>Figure 23 : Monstrance de sainte Apollonie, n°inv., 2015 018, H : 302 mm, Diamètre 142 mm ..... </i>	70
<i>Figure 24 : Chandelier de Félix V, n°inv., 2015 019.2, H : 260 mm, Diamètre : 116 mm ..... </i>	70
<i>Figure 25 : Crosse dite « de Félix V », n°inv., 2015 021, H : 857 mm ..... </i>	71
<i>Figure 26 : Baiser de Paix, n°inv., 2015 027, H : 160 mm, L : 105 mm ..... </i>	71
<i>Figure 27 : Statue équestre de saint Maurice, n°inv.,.....</i>	71

<i>Figure 28 : Résultat de la Règle à calcul de l'ICC pour le Buste de saint Candide.</i>	74
<i>Figure 29 : Utilisation du logiciel PadCAD pour le Bras dit « de saint Bernard ».</i>	75
<i>Figure 30 : Double caisse de la Châsse des enfants de saint Sigismond.</i>	86
<i>Figure 31 : Intérieur de la caisse interne, avec polystyrène et polyuréthane.</i>	86
<i>Figure 32 : Renforts en PE dans le conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ».</i>	93
<i>Figure 33 : Intérieur du conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ».</i>	94
<i>Figure 34 : Conditionnement de la Crosse dite « de Félix V » avec du tissu Pacific Silvercloth®</i>	94
<i>Figure 35 : Crosse dite « de Félix V » dans son conditionnement.</i>	95
<i>Figure 36 : Points de préhension de l'élément de calage de la Crosse dite « de Félix V ».</i>	95
<i>Figure 37 : Plateau du conditionnement de la Statue équestre de saint Maurice.</i>	98
<i>Figure 38 : 1<sup>er</sup> tiroirs de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.</i>	99
<i>Figure 39 : 2<sup>ème</sup> tiroirs de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.</i>	99
<i>Figure 40 : 3<sup>ème</sup> tiroirs de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.</i>	100
<i>Figure 41 Caisse de la Statue équestre de saint Maurice sans les tiroirs.</i>	100
<i>Figure 42 : Caisse de la Statue équestre de saint Maurice avec un pochoir de l'objet en carton.</i>	101

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Caractéristiques du transport des dix-neuf objets du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice jusqu'au musée du Louvre. ....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 2 : Profil de vie des objets de leur lieu de conservation dans l'Abbaye, jusqu'à leur mise en vitrine au musée du Louvre. ....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 3 : Evaluation du niveau de risque des chocs et des vibrations durant les phases du transport. ....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 4 : Evaluation du niveau de risque des variations hygrométriques durant les phases du transport. ....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 5 : Evaluation du niveau de risque des polluants durant les phases du transport. ....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 6 : Evaluation du niveau de risque de vols durant les phases du transport. ....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 7 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°1. ....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 8 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°2. ....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 9 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°3. ....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 10 : Tableau illustrant les caractéristiques de la caisse de transport n°4. ....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 11 : Tableau indiquant la signalétique des caisses de transport. ....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 12 : Tableau décrivant des caractéristiques de la Crosse dite « de Félix V ». ....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 13 : Tableau décrivant des caractéristiques générales de la State équestre de saint Maurice. ....</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 14 : Hauteur de chute d'un colis en fonction de son poids. ....</i>	<i>72</i>
<i>Tableau 15 : Fragilité en g de certains objets. ....</i>	<i>72</i>
<i>Tableau 16 : Indications issues de la Règle à calcul de l'ICC du niveau de choc, du poids de l'emballage, de la hauteur de chute et du niveau d'isolation. ....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau 17 : Indication sur la Règle à calcul de l'ICC des matériaux. ....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau 18 : Coût de fabrication du conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ». ....</i>	<i>96</i>
<i>Tableau 19 : Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/ déballage de la Crosse dite « de Félix V ». ....</i>	<i>97</i>
<i>Tableau 20 : Coût de fabrication de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice. ....</i>	<i>102</i>
<i>Tableau 21 : Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/déballage de la Statue équestre de saint Maurice. ....</i>	<i>103</i>
<i>Tableau 22 : Liste des fournisseurs du matériel. ....</i>	<i>105</i>



## Liste des schémas

<i>Schéma 1 : Schéma illustrant le conditionnement de deux objets et l'emploi des mousses de calage pour limiter l'impact des chocs et des vibrations. ....</i>	<i>28</i>
<i>Schéma 2 : Schéma illustrant le conditionnement de deux objets et les matériaux utilisés pour limiter les variations climatiques. ....</i>	<i>31</i>
<i>Schéma 3 : Schéma illustrant le conditionnement des objets et l'emploi de matériaux et de coupe-vapeur afin de réduire le contact avec les polluants externes et internes. ....</i>	<i>33</i>
<i>Schéma 4 : Schéma illustrant le conditionnement des objets et l'emploi de balise de géolocalisation afin de surveiller la position des caisses durant le transport. ....</i>	<i>36</i>
<i>Schéma 5 : Répartition de deux objets en caisse interne de type Rako®, soit la Coupe-ciboire au centaure et la Coupe-ciboire dite « de saint Sigismond » ....</i>	<i>37</i>
<i>Schéma 6 : Schéma vue en coupe du conditionnement en caisse interne de la Crosse dite « de Félix V ». ....</i>	<i>45</i>
<i>Schéma 7 : Vue en plan du conditionnement en caisse interne de la Statue équestre de Saint Maurice. ....</i>	<i>49</i>
<i>Schéma 8 : Utilisation des matériaux de calage afin de réduire les chocs et les vibrations ....</i>	<i>76</i>
<i>Schéma 9 : Vase de Sardonxy, Baiser de Paix et Monstrance de sainte Apollonie dans une caisse interne. ....</i>	<i>78</i>
<i>Schéma 10 : Aiguière dite « de Charlemagne » et Fiole à parfum dans une caisse interne ....</i>	<i>79</i>
<i>Schéma 11 : Croix de saint Louis, Coffret de Teudéric et Bourse des saints Innocents et Candide dans une caisse interne. ....</i>	<i>80</i>
<i>Schéma 12 : Crosse limousine et les deux chandeliers de Félix V dans une caisse interne ....</i>	<i>81</i>
<i>Schéma 13 : Bras dit « de saint Bernard » dans une caisse ....</i>	<i>82</i>
<i>Schéma 14 : Schéma vue de plan de la Crosse dite « de Félix V » ....</i>	<i>93</i>

## Table des plans

<i>Plan 1 : Vue en plan du 1<sup>er</sup> étage de la caisse unique de la proposition n°1.....</i>	<i>83</i>
<i>Plan 2 : Vue en plan du 2<sup>ème</sup> étage de la caisse unique de la proposition n°1.....</i>	<i>84</i>
<i>Plan 3 : Vue en coupe des deux étages de la caisse unique, proposition 1 .....</i>	<i>85</i>
<i>Plan 4 : Vue en plan de la caisse de la Sainte Epine et du Buste de saint Candide. ....</i>	<i>87</i>
<i>Plan 5 : Vue en coupe de la caisse de la Sainte Epine et du Buste de saint Candide.....</i>	<i>88</i>
<i>Plan 6 : Vue en plan de la caisse n°3. ....</i>	<i>89</i>
<i>Plan 7 : Vue en coupe de la caisse n°3. ....</i>	<i>90</i>
<i>Plan 8 : Vue en plan de la caisse n°4. ....</i>	<i>91</i>
<i>Plan 9 : Vue en coupe de la caisse n°4. ....</i>	<i>92</i>

## Glossaire

**Amplitude** : L'amplitude d'une vibration correspond à la mesure du niveau de vibration. Elle peut décrire le déplacement, la vitesse ou l'accélération du corps vibrant<sup>96</sup>.

**Caisse interne** : Caisse en contreplaqué ou en polypropylène contenant des matériaux de calage et l'objet.

**Caisse externe** : Caisse de transport en bois massif contenant des matériaux isolants, des matériaux de calage ainsi que la caisse interne.

**Compatible** : Un matériau est dit « compatible » lorsqu'il ne provoque pas de risque de dégradation sur l'objet avec lequel il est en contact.

**Composé organique volatil** : « *Classe de composés chimiques qui contiennent au moins un atome de carbone et qui sont présents sous forme gazeuse à la température ambiante (...)* »<sup>97</sup>. Les COV sont présents dans le bois et ses dérivés ainsi que d'autres matériaux comme les revêtements.

**Conditionnement** : « *Opération consistant à placer un objet à l'intérieur d'un contenant adapté (boîte, étui, chemise...) pour le protéger de la pollution, de la lumière, des insectes, des chocs, des vibrations, des manipulations directes...* »<sup>98</sup>. Dans ce travail, ce terme implique la caisse interne contenant la mousse de calage, la caisse externe en bois massif ainsi que les isolants et la mousse de calage entre les deux caisses.

**Conditionnement de proximité** : Dans ce travail, ce terme désigne l'ensemble de la caisse interne. Il s'agit des matériaux en contact avec l'objet ; soit le Tyvek®, la mousse de calage et la caisse interne.

**Corrosion** : « *Réaction électrochimique entre un métal et le milieu qui cause la détérioration du métal ; la réaction fait intervenir un échange d'électrons du métal à une autre espèce pendant des réactions simultanées d'oxydation et de réduction* »<sup>99</sup>.

**Demi-vie thermique** : La demi-vie thermique correspond au temps nécessaire à un environnement interne pour atteindre la moitié de la différence entre la température interne initiale et la température extérieure<sup>100</sup>. Cette mesure est utile afin de déterminer l'efficacité de l'isolation thermique des caisses.

**Fréquence** : La fréquence d'une vibration correspond au nombre de cycle qui survient durant une seconde et est mesurée en Hertz (Hz)<sup>101</sup>.

---

<sup>96</sup> Marcon, 1991, p.120.

<sup>97</sup> Tétreault, 2003, p.143.

<sup>98</sup> Illes, 2004, p.106.

<sup>99</sup> Selwyn, 2004, p.212.

<sup>100</sup> Mecklenburg, 1991, p.353.

**Gaz sulfureux (réduits) :** « *Composé sulfureux présentant un atome de soufre à l'état d'oxydation de -2 ou +6, comme le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ), le bisulfure de carbone ( $CS_2$ ) et le sulfure de carbone ( $OCS$ ), ou encore de -1 comme le disulfure de diméthyle ( $CH_3SSCH_3$ )* »<sup>102</sup>.

**Gemme :** « *La plupart des gemmes sont des minéraux (par exemple le diamant), rarement des agrégats cristallins (comme le lapis-lazuli) ou des roches (comme le marbre-onyx). Quelques substances d'origine organique sont assimilées aux gemmes (par exemple l'ambre, le corail, les perles)* »<sup>103</sup>. Dans ce travail, le terme gemme désigne les pierres précieuses, les perles, la sardonyx et les pierres fines.

**Humidité relative :** L'humidité relative correspond au rapport en pourcentage entre la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air humide à la pression de vapeur de l'air saturé à la même température sèche.

**Oxydation :** Réaction chimique où il y a transfert d'électrons<sup>104</sup>.

**PE :** Polypropylène

**pH :** « *Le pH (potentiel hydrogène) traduit le caractère neutre, acide ou alcalin d'une solution aqueuse. L'échelle des pH s'étend de 0 à 14 et indique la concentration d'ions hydrogène en solution. La solution est neutre si le pH est égal à 7, entre 1 et 7 elle est acide, de 7 à 14 elle est alcaline* »<sup>105</sup>.

**PP :** Polypropylène

**Polluant :** « *En préservation, le terme désigne un gaz, une vapeur, un liquide ou une particule solide, d'origine anthropique ou naturelle, qui a des effets nuisibles connus sur les biens culturels. Les effets nuisibles sont notamment associés aux réactions chimiques entre le polluant et l'un ou plusieurs des composants de l'objet. (...)* »<sup>106</sup>.

**PU :** Polyuréthane

**PS :** Polystyrène

**Rako® :** Bac gerbable en polypropylène aux dimensions standardisées fabriqué par Georges Utz. Dans ce travail six caisses aux dimensions de 600 x 400 x 278 mm sont utilisées comme caisse interne de quatorze objets. Une caisse Rako® de 800 x 600 x 425 mm est employée comme caisse interne de deux reliquaires.

---

<sup>101</sup> Marcon, 1991, p.120.

<sup>102</sup> Tétreault, 2003, p.145.

<sup>103</sup> Schumann, 2005, p.10.

<sup>104</sup> Tétreault, 2003, p.147.

<sup>105</sup> Illes, 2004, p.110.

<sup>106</sup> Tétreault, 2003, p.147.

**Sardonyx** : « *gemme rubanée dont la couche rouge, utilisée comme partie inférieure, est surmontée d'une couche blanche* »<sup>107</sup>.

---

<sup>107</sup> Schumann, 2005, p.142.

## Annexes

### Annexe 1 : Photographies des dix-neuf objets prochainement exposés au Louvres



*Figure 9 : Châsse des enfants de saint Sigismond, n°inv., 2015 001. H : 432 mm, L : 705 mm, P : 335 mm*



*Figure 10 : Vase de sardonyx, n°inv., 2005 004. H : 203 mm, Diamètre 114 mm*



*Figure 11 : Coffret de Teudéric, n°inv., 2015 005. H : 125 mm, L : 190 mm, P : 65 mm*



*Figure 12 : Aiguière « dite de Charlemagne », n°inv., 2015 006. H : 303 mm, Diamètre 163 mm, P : 163 mm*



Figure 13 : Bourse des saints Innocent et Candide, n°inv., 2015 007, H : 145 mm, L : 142 mm, P : 50 mm



Figure 14 : Buste de sainte Candide, n°inv., 2015 008, H : 570 mm, L : 247 mm, P : 247 mm



Figure 15 : Bras « dit de saint Bernard », n°inv., 2015 009, H : 460 mm, L : 137 mm, P : 128 mm



Figure 16 : Fiolle à parfum, n°inv., 2015 010, H : 142 mm, P : 29 mm



Figure 17 : Crosse limousine, n°inv., 2015 011, L : 196 mm



Figure 18 : Coupe-ciboire dite « de saint Sigismond », n°inv., 2015 013, H : 292 mm, Diamètre : 165 mm



Figure 19 : Coupe-ciboire au centaure, n°inv., 2015 014, H : 261, Diamètre : 175 mm



Figure 20 : Sainte Epine, n°inv., 2015, H : 203 mm, Diamètre : 94 mm





Figure 21 : Croix de saint Louis, n°inv., 2015 016.1,  
 H : 300 mm, L : 158 mm



Figure 22 : Chandelier de Félix V, n°inv., 2015 019.1,  
 H 265 mm, Diamètre : 121 mm



Figure 23 : Monstrance de sainte Apollonie, n°inv.,  
 2015 018, H : 302 mm, Diamètre 142 mm



Figure 24 : Chandelier de Félix V, n°inv., 2015 019.2,  
 H : 260 mm, Diamètre : 116 mm



Figure 25 : Crosse dite « de Félix V », n°inv., 2015 021, H : 857 mm



Figure 26 : Baiser de Paix, n°inv., 2015 027, H : 160 mm, L : 105 mm



Figure 27 : Statue équestre de saint Maurice, n°inv., 2015 031, H : 628 mm, L : 490 mm, P 220 mm

## Annexe 2 : Règle à calcul de l'ICC et logiciel PadCAD

### La Règle à calcul de l'ICC

La Règle à calcul de l'Institut canadien de conservation est un outil qui permet de sélectionner un produit de calage qui protégera l'objet des chocs lors d'un transport. Pour l'utiliser quatre éléments sont à déterminer ; la hauteur de chute, le poids de l'objet / colis, la surface portante et le niveau d'isolation souhaité dépendant de la fragilité de l'objet.

Voici un tableau illustrant quelle est la hauteur de chute d'un colis en fonction de son poids.

Poids du colis	Mode de manutention	Hauteur de chute
en kg		en cm
0-5	1 personne	120
5-10	1 personne	105
10-20	1 personne	90
20-45	1 personne	75
45-115	2 personnes	60
115 et plus	Matériel de manutention	45

Tableau 14 : Hauteur de chute d'un colis en fonction de son poids.

© Marcon et Strang, 1994, p.3.

Le tableau ci-dessous montre des exemples d'objets et la fragilité qui leur est associée.

Description de la catégorie	Exemples de produit commercial	Exemples d'objets de musée	Plage de fragilité g
Extrêmement fragiles	Systèmes de guidage de missiles, instruments d'essai à réglage précis	Sculpture en plâtre; 120 kg, modèle d'essai en plâtre creux endommagé à 20 g. La fragilité de sculptures dans d'autres scénarios peut être plus élevée	15 à 25
Très délicats	Équipement électronique et instruments montés sur une suspension	Argile non cuite (pièces crues) et verrerie fragile	25 à 40
Délicats	Accessoires d'aéronefs, machines à écrire électriques, caisses enregistreuses et équipement du bureau électrique	Argile non cuite, argile cuite à feu doux, plâtre, stuc, verrerie, céramique	40 à 60
Moyennement délicats	Récepteurs de télévision, accessoires d'aéronefs	La peinture très fragile, endommagée et écaillée sur une toile de 60 × 60 cm est délogée par un impact sur un coin ou un côté	60 à 85
Moyennement robustes	Équipement de buanderie, réfrigérateurs, électroménagers	Peinture sur toile de 60 × 80 cm sans fissures et cassante avec gesso cassant (faible contenu en colle) qui se fissure après une chute sur un coin	85 à 115
Robustes	Machinerie	Peinture sur toile de 60 × 80 cm (renversée, chute sur le côté avec carton protecteur au dos). De petites écailles de peinture adhérant partiellement à la toile ne se décolent pas; choc toléré par des collections d'insectes épinglés en petites boîtes	115 et plus

© Marcon, 2011, [en ligne].

Tableau 15 : Fragilité en g de certains objets.

Le tableau ci-dessous, une indication sur la règle dévoile en fonction du poids de l'emballage quelle est la hauteur de chute et à quel niveau de choc cela correspond. Il montre également en fonction de la fragilité de l'objet quel est le niveau d'isolation souhaité.

Shock Level	Package Weight		Drop Height		Isolation Level	
A	0 – 10 lb	0 – 5 kg	48"	120 cm	1	15 – 25 g
B	10 – 20 lb	5 – 10 kg	42"	105 cm	2	25 – 40 g
C	20 – 50 lb	10 – 20 kg	36"	90 cm	3	40 – 60 g
D	50 – 100 lb	20 – 45 kg	30"	75 cm	4	60 – 80 g
E	100 – 250 lb	45 – 115 kg	24"	60 cm	5	80 – 115 g
F	250+ lb	115+ kg	18"	45 cm	6	115 – 150 g
Niveau de choc	Poids de l'emballage		Hauteur de chute		Niveau d'isolation	

© ICC, 1990.

Tableau 16 : Indications issues de la Règle à calcul de l'ICC du niveau de choc, du poids de l'emballage, de la hauteur de chute et du niveau d'isolation.

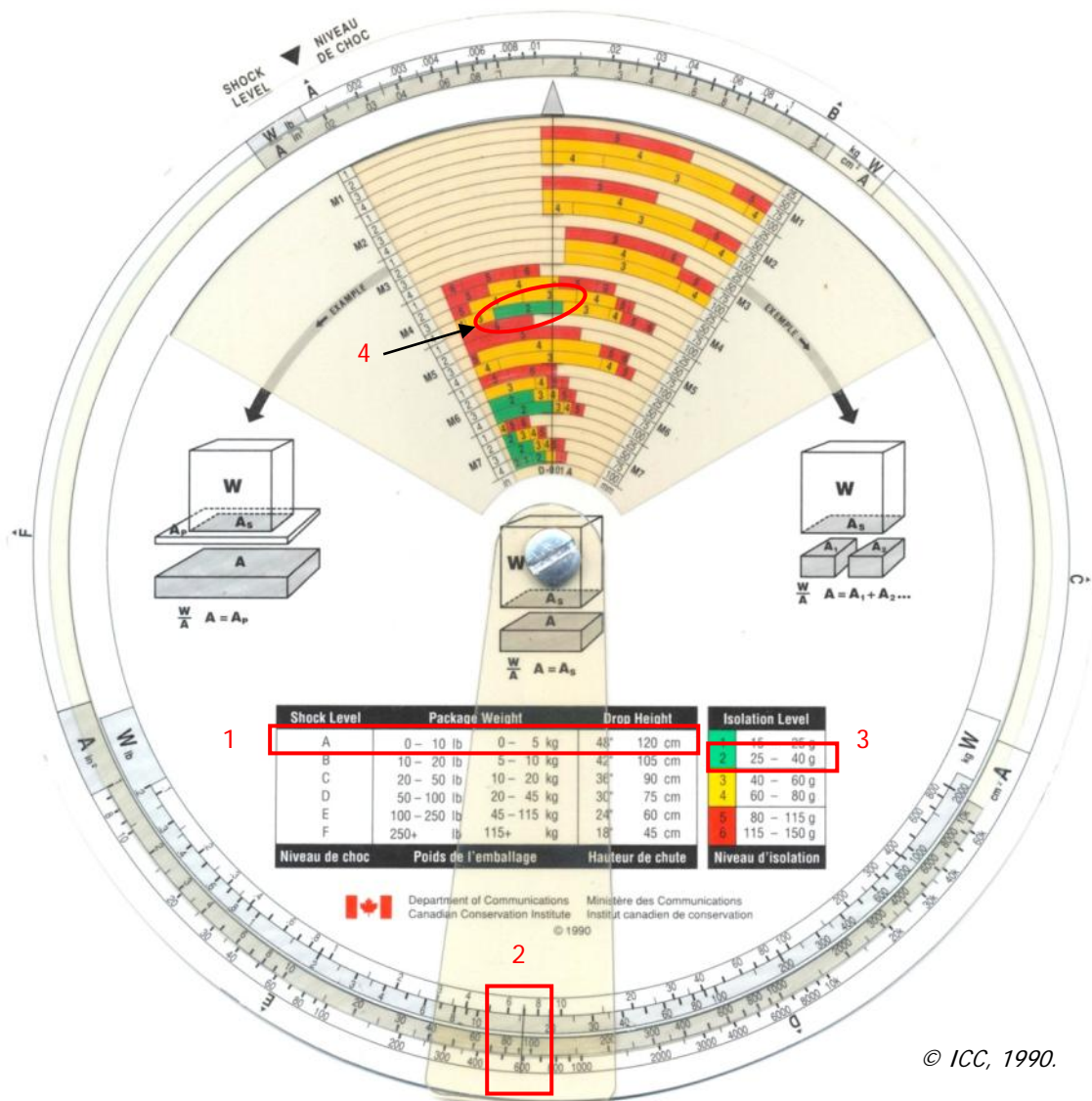
Une fois ces paramètres déterminés, il faut déplacer l'onglet « niveau de choc » sur la lettre correspondante. Puis, la ligne noire de la languette transparente est pivotée sur le poids de l'objet (réglette W). La surface portante équivaut à la surface en cm<sup>2</sup> de l'objet en contact avec la mousse de calage. En maintenant la languette transparente sur le poids de l'objet, il faut aligner la ligne noire de la languette sur la surface portante de l'objet (réglette A). De cette manière, la flèche de la fenêtre transparente traverse différentes solutions de produit de calage (Noté M1 à M7, l'abréviation est expliquée au verso de la Règle, Tableau 17). Les solutions adaptées sont celles traversées par la flèche et dont la couleur correspond au niveau d'isolation souhaité<sup>108</sup>. A côté des différents produits de calage est indiqué des chiffres de 25 à 100, qui indiquent l'épaisseur du matériau à employer.

Codes des matériaux Disque D-001				
Code	Matériau	kg/m <sup>3</sup>	lb/pi <sup>3</sup>	Exemple
M1	Polyéthylène réticulé	33	2.0	Plastazote LD 33
M2	Polyéthylène réticulé	24	1.5	Plastazote LD 24
M3	Polyéthylène	33	2.0	Ethafoam 220
M4	Ester de polyuréthane	33	2.0	—
M5	Ester de polyuréthane	24	1.5	—
M6	Éther de polyuréthane	33	2.0	—
M7	Éther de polyuréthane	24	1.5	—

© ICC, 1990.

Tableau 17 : Indication sur la Règle à calcul de l'ICC des matériaux.

<sup>108</sup> Marcon et Strang, 1994, p.7.



© ICC, 1990.

Figure 28 : Résultat de la Règle à calcul de l'ICC pour le Buste de saint Candide.

Voici un exemple des solutions données par la Règle à calcul de l'ICC pour le Buste de saint Candide. Etant un objet précieux, la hauteur de chute est de 120 cm ce qui induit un niveau de choc A (1). Le poids de l'objet est de 7.16 kg (échelle W) et sa surface portante est de 600 cm<sup>2</sup> (échelle A), (2). Le niveau d'isolation est de 2 car la fragilité de l'objet est estimée à 25 g (3). La solution proposée est M4 (ester de polyuréthane, 33 kg/m<sup>3</sup>) avec une épaisseur de 100 mm (4). Cela signifie que 100 mm de mousse de polyuréthane au-dessous de l'objet est nécessaire pour le protéger durant le transport.

## Le logiciel PadCAD

Le logiciel PadCAD repose sur le même principe, il suffit d'entrer les données dans des champs et le logiciel calcul automatiquement les solutions adaptées. Il a été utilisé pour déterminer le type et la quantité de matériau de calage à employer entre la caisse interne et la caisse externe. Voici ci-dessous un exemple avec un objet du Trésor soit le Bras dit « de saint Bernard » :

**PadCAD 3D : Conception**

Langue Naviguer Visionner Aide

**Étape 1 Description de l'objet**

Hauteur: 46.0 cm, Largeur: 13.7 cm, Profondeur: 12.8 cm, Poids: 4.9 kg, Fragilité: 40 G

Saillies: 0.0 cm, 0.0 cm, 0.0 cm

Hauteur de chute: ☒ Probable, ☐ Fixe à 75 cm

Élément flexible: Fréquence: Hz, Amortissement  $\zeta$ : 0

**Étape 2 Caisse d'expédition**

Militaire limitée, 1 cm (3/8 po)

Isolant: 7.62 cm, Tolérance: 0.1588 cm, Poids volumétrique: H x L x P

**Étape 3 Conception**

Encapsulation

Effacer	Pièces	a	b	A	Couverture
Estimation	nombre	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> [%]
Avant	1			630	100%
Dessus	1			175	100%
Droite	1			589	100%

**75 mm M04 : Ester de PU 33 kg/m<sup>3</sup>**  
**75 mm M12 : Ester de PU 64 kg/m<sup>3</sup>**  
**100 mm M05 : Ester de PU 24 kg/m<sup>3</sup>**  
**125 mm M06 : Éther de PU 33 kg/m<sup>3</sup>**  
**125 mm M13 : Éther de PU 64 kg/m<sup>3</sup>**

Épaisseur réelle: mm

	Go	dm	T	F.éq.
Avant	-	-	-	-
Dessus	-	-	-	-
Droite	-	-	-	-

Q = 1.2 Max. 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2

Avant	0	0	0	0	0	0
Dessus	0	0	0	0	0	0
Droite	0	0	0	0	0	0

Haut. de chute probable: cm  
 Période de température médiane: h

©PadCAD

Figure 29 : Utilisation du logiciel PadCAD pour le Bras dit « de saint Bernard ».

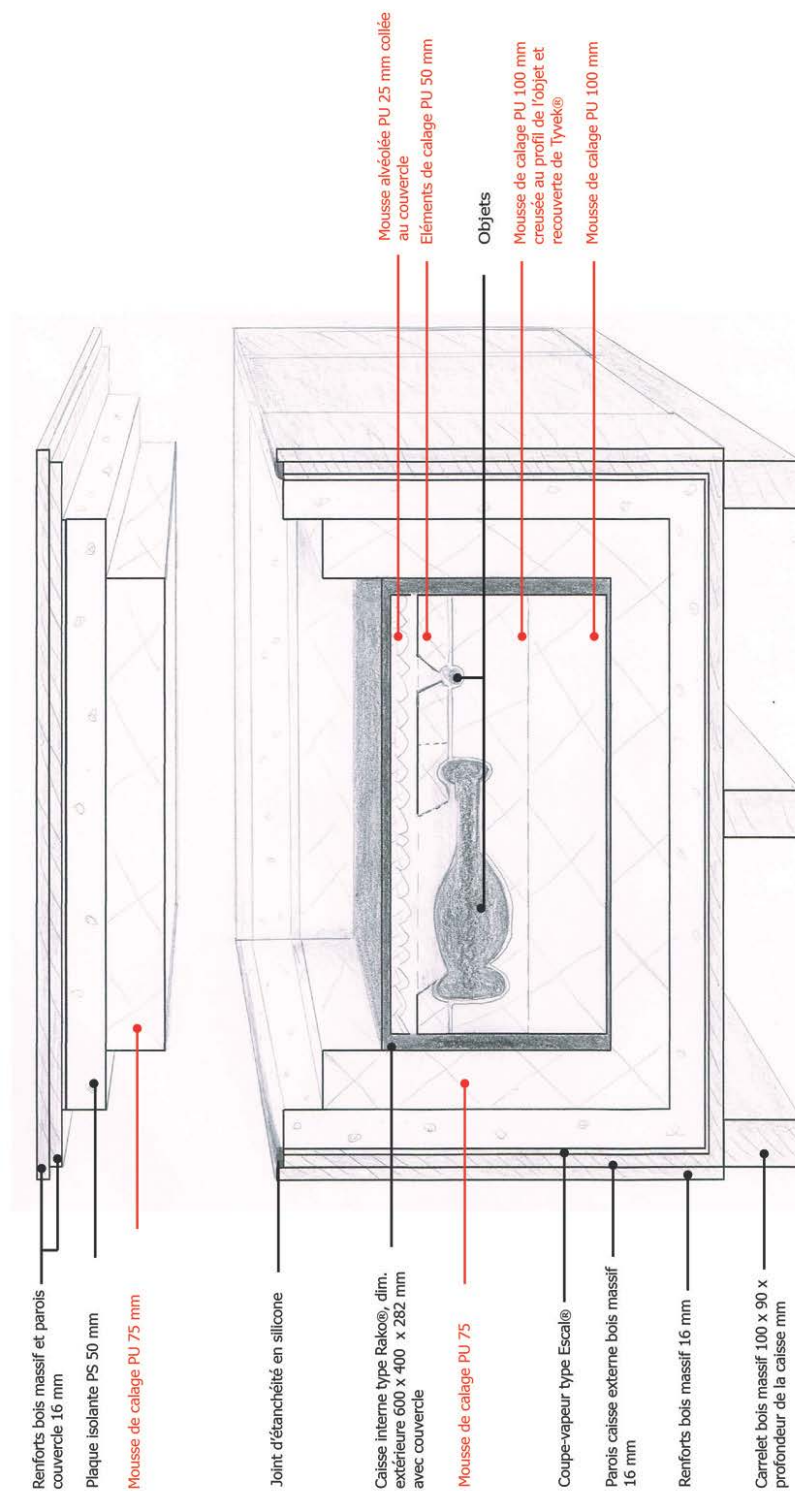
**Étape 1, Description de l'objet :** Les dimensions de l'objet sont inscrites. Le poids comprend celui de l'objet et de la caisse interne. La fragilité est estimée à 40 g car l'objet est protégé par sa caisse interne et les éléments de calage. Une hauteur de chute probable est cochée. L'objet n'ayant pas d'élément flexible, cette case n'est pas remplie.

**Étape 2, Caisse d'expédition:** Le type de caisse externe est choisi (l'onglet « Visionner » dévoile plusieurs types de caisse de transport). Une caisse en bois militaire a été retenue. Les isolants ainsi qu'une tolérance sont introduits dans le logiciel.

**Étape 3, Concepting :** Toute la surface du bras dit « de saint Bernard » repose sur la mousse de calage, ainsi l'option « Encapsulation » est choisie. Une fois ce dernier champs rempli, il faut cliquer sur « Résoudre ». Dans la fenêtre de droite, différentes solutions sont proposées. La solution de 75 mm d'ester de polyuréthane de 64 kg/m<sup>3</sup> a été retenue, de cette manière, les dimensions externes de la caisse de transport sont réduites.



### Annexe 3 : Schéma illustrant la mise en protection des objets contre les risques de chocs et de vibrations durant le transport



©HECR-arc, 2013, M.Rais

Schéma 8 : Utilisation des matériaux de calage afin de réduire les chocs et les vibrations

#### Annexe 4 : Quantité de PROSorb à l'intérieur des caisses internes

Voici les quantités de PROSorb requises pour les différents formats de caisse interne.

- La caisse interne de la Châsse des enfants de saint Sigismond a une hauteur de 425 mm, une longueur de 1240 mm et une profondeur de 580 mm. Pour ce volume, il faudrait environ 310 g de gel de silice.
- Les caisses Rako® de 291 mm de hauteur sur 600 mm de longueur et de 400 mm de profondeur nécessitent uniquement 70 g de gel de silice.
- La caisse Rako® de 438 mm de hauteur sur 800 mm de longueur et 600 mm de profondeur requière environ 210 g de gel de silice.
- La caisse interne de la Statue équestre de saint Maurice ayant comme dimension 780 mm de hauteur sur 610 mm de longueur, sur 460 mm de profondeur demande environ 220 g de gel de silice.
- La caisse interne de la Crosse dite « de Félix V » mesure 349 mm de hauteur, 1029 mm de longueur et 299 mm de profondeur nécessite environ 110 g de gel de silice.



## Annexe 5 : Répartitions des objets dans les caisses internes en polypropylène de type Rako®

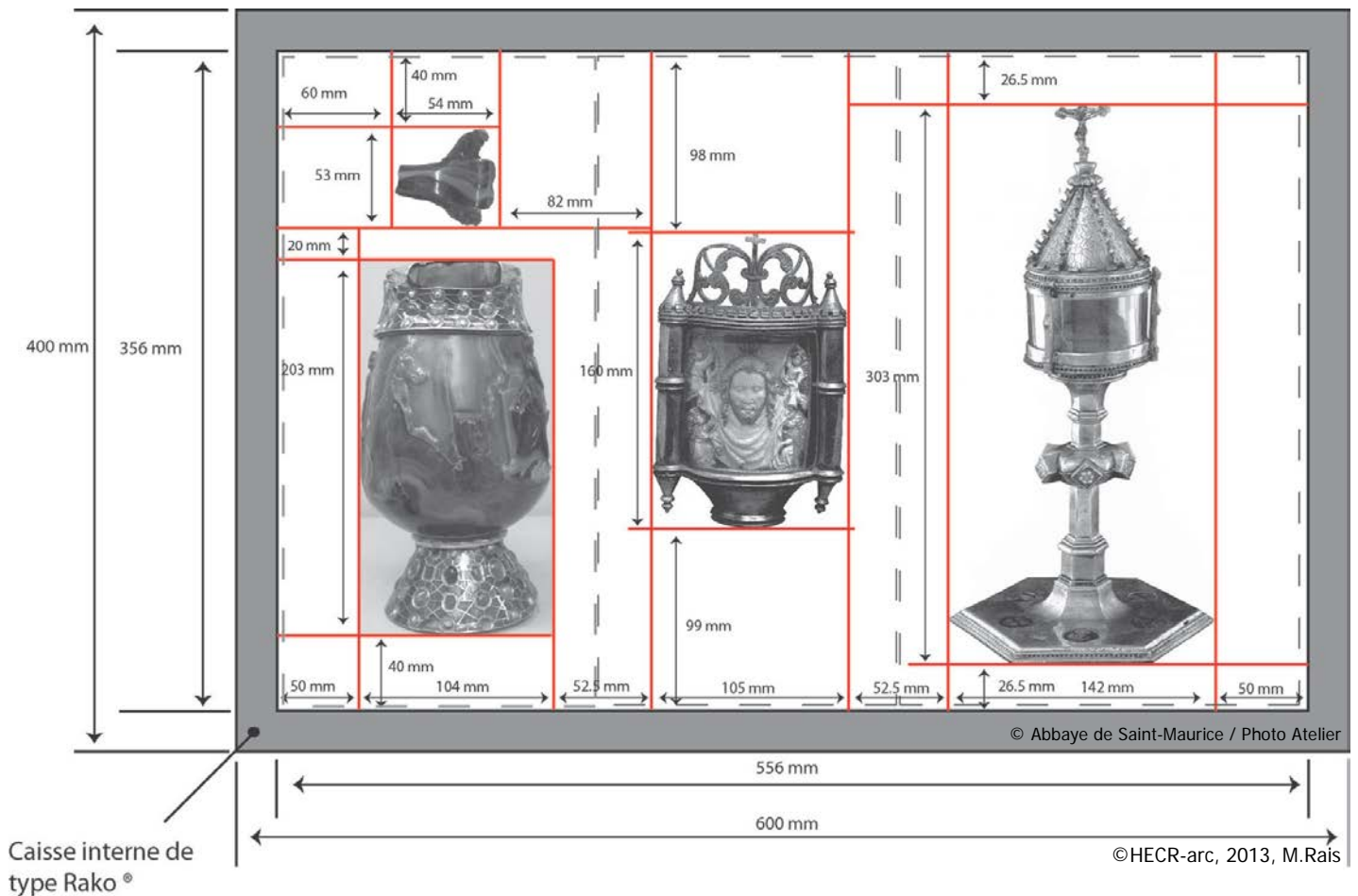


Schéma 9 : Vase de Sardonyx, Baiser de Paix et Monstrance de sainte Apollonie dans une caisse interne

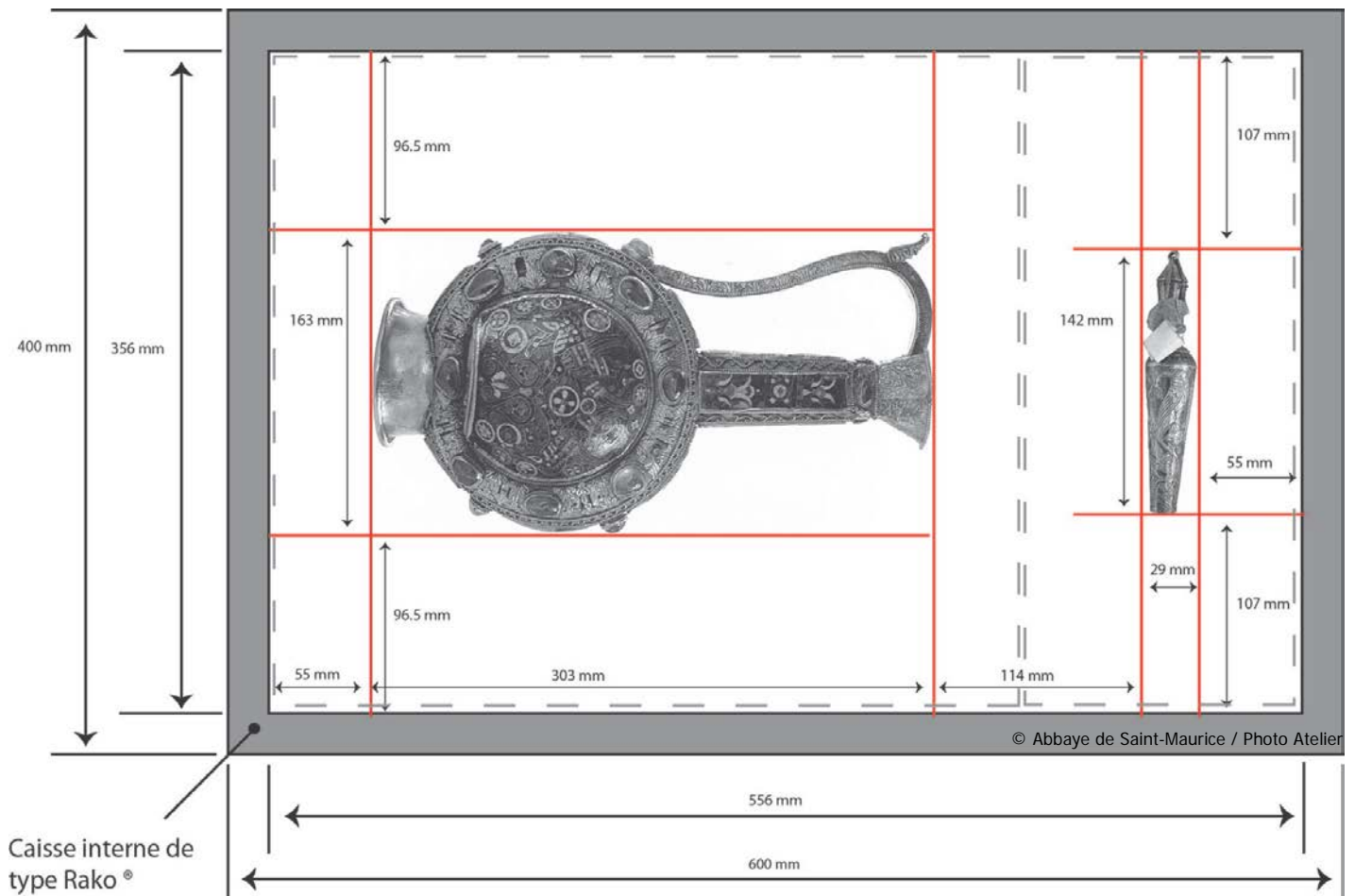
Le Vase de sardonyx et son fragment (à gauche) le Baiser de Paix (au centre) et la Monstrance de sainte Apollonie (à droite) ont été rassemblés dans cette caisse interne. Les traits-tillés représentent les éléments de calage individuels des objets.

### Remarques pour le conditionnement :

Vase de sardonyx : le pied du vase bouge car il a été desserti puis serti à nouveau. La contre-forme de l'objet doit parfaitement le caler à cet endroit.

Baiser de Paix : une anse fragile est fixée à la plaque arrière de l'objet. La mousse doit être creusée à son profil.

Monstrance de Sainte Apollonie : -



*Schéma 10 : Aiguière dite « de Charlemagne » et Fiole à parfum dans une caisse interne*

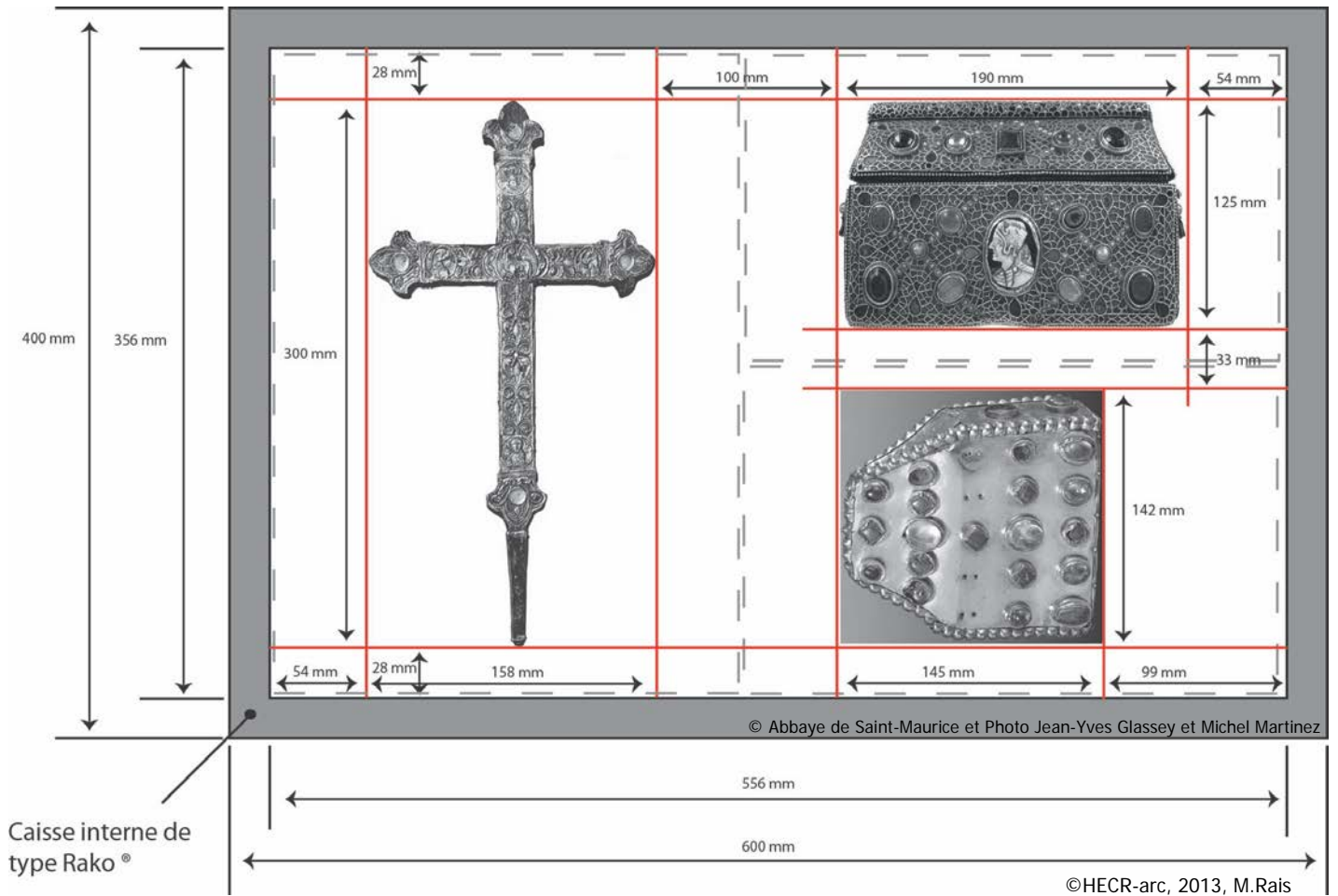
©HECR-arc, 2013, M.Rais

L'Aiguière dite « de Charlemagne » (à gauche) est conditionnée avec la Fiole à parfum (à droite).

### **Remarques pour le conditionnement :**

Aiguière dite « de Charlemagne » : le poids de l'objet ne doit pas reposer sur les émaux de la panse, car certains sont endommagés. Creusé parfaitement à la contre-forme de l'objet, le poids est bien réparti sur les zones alentours.

Fiole à parfum : le papier sera placé vers le haut, pour éviter qu'il ne se plie.



*Schéma 11 : Croix de saint Louis, Coffret de Teudéric et Bourse des saints Innocents et Candide dans une caisse interne*

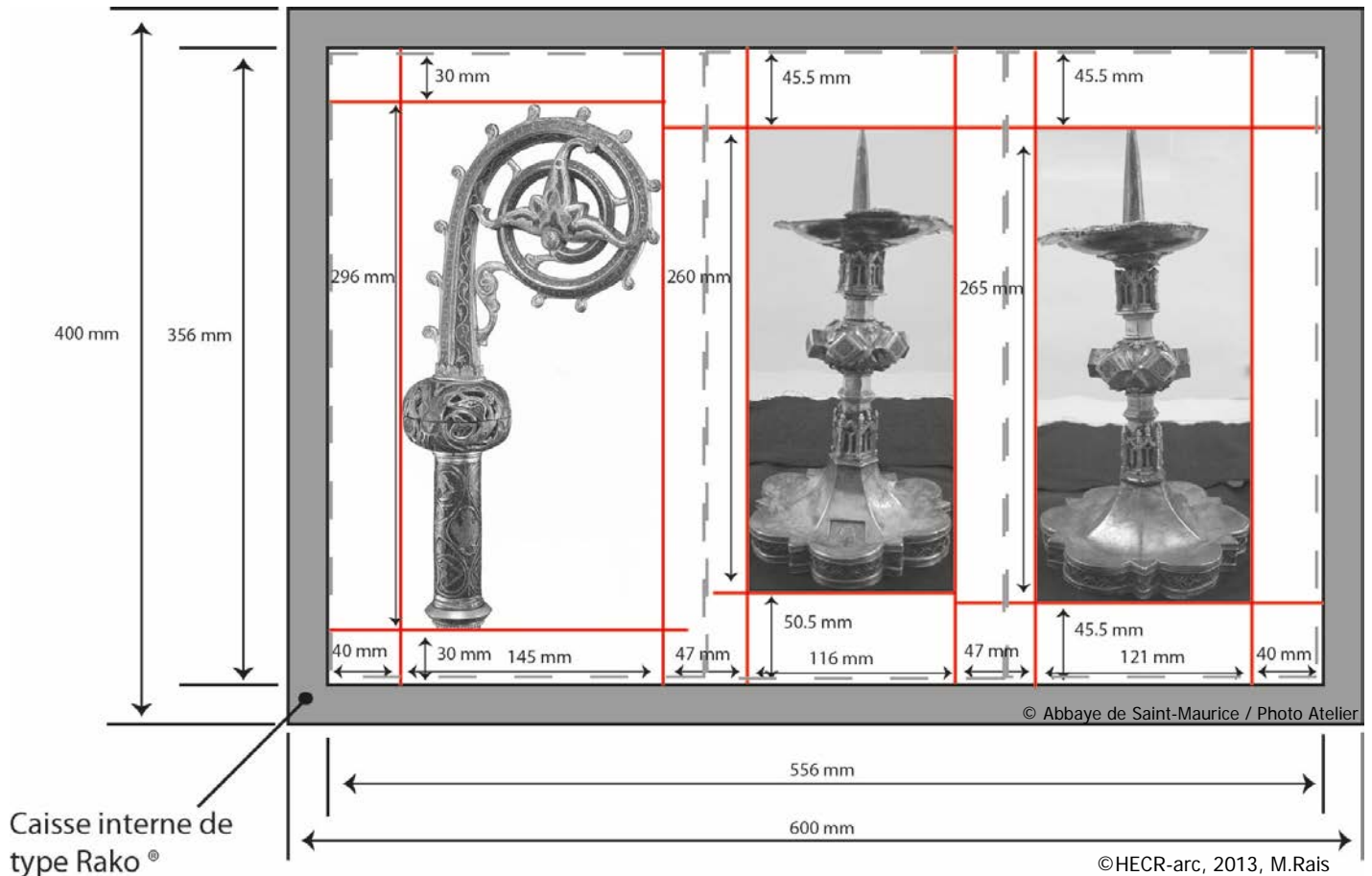
La Croix de saint Louis (à gauche), le Coffret de Teudéric (en haut à droite) et la Bourse des saints Innocent et Candide (en bas à droite) sont rassemblés.

#### **Remarques pour le conditionnement :**

Croix de saint Louis : faire attention aux parties métalliques déchirées car elles crochent facilement dans des surfaces, notamment dans des gants.

Coffret de Teudéric : le couvercle de l'objet s'ouvre facilement. La contre-forme en mousse devra parfaitement le caler pour éviter des mouvements du couvercle.

Bourse reliquaie des saints Innocent et Candide : -



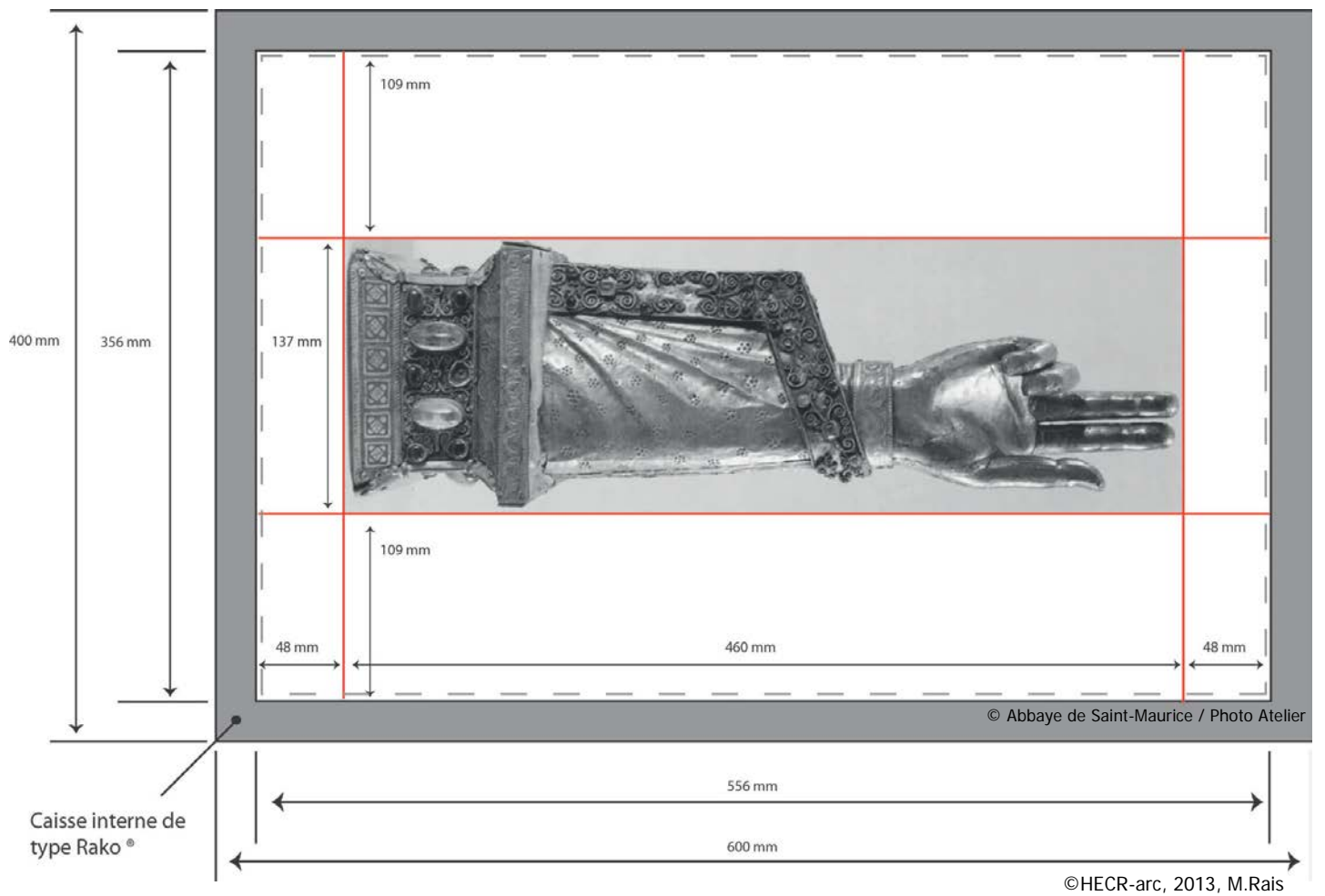
*Schéma 12 : Crosse limousine et les deux chandeliers de Félix V dans une caisse interne*

La Crosse limousine (à gauche) et les deux chandeliers de Félix V sont regroupés ici, à cause de leur affinité de forme.

### **Remarques pour le conditionnement :**

Crosse limousine : -

Deux chandeliers de Félix V : Une partie métallique a été enlevée sur les deux couronnes des objets. Les parties coupées ne reposent pas sur la mousse afin d'éviter qu'elles ne se fragilisent.



*Schéma 13 : Bras dit « de saint Bernard » dans une caisse*

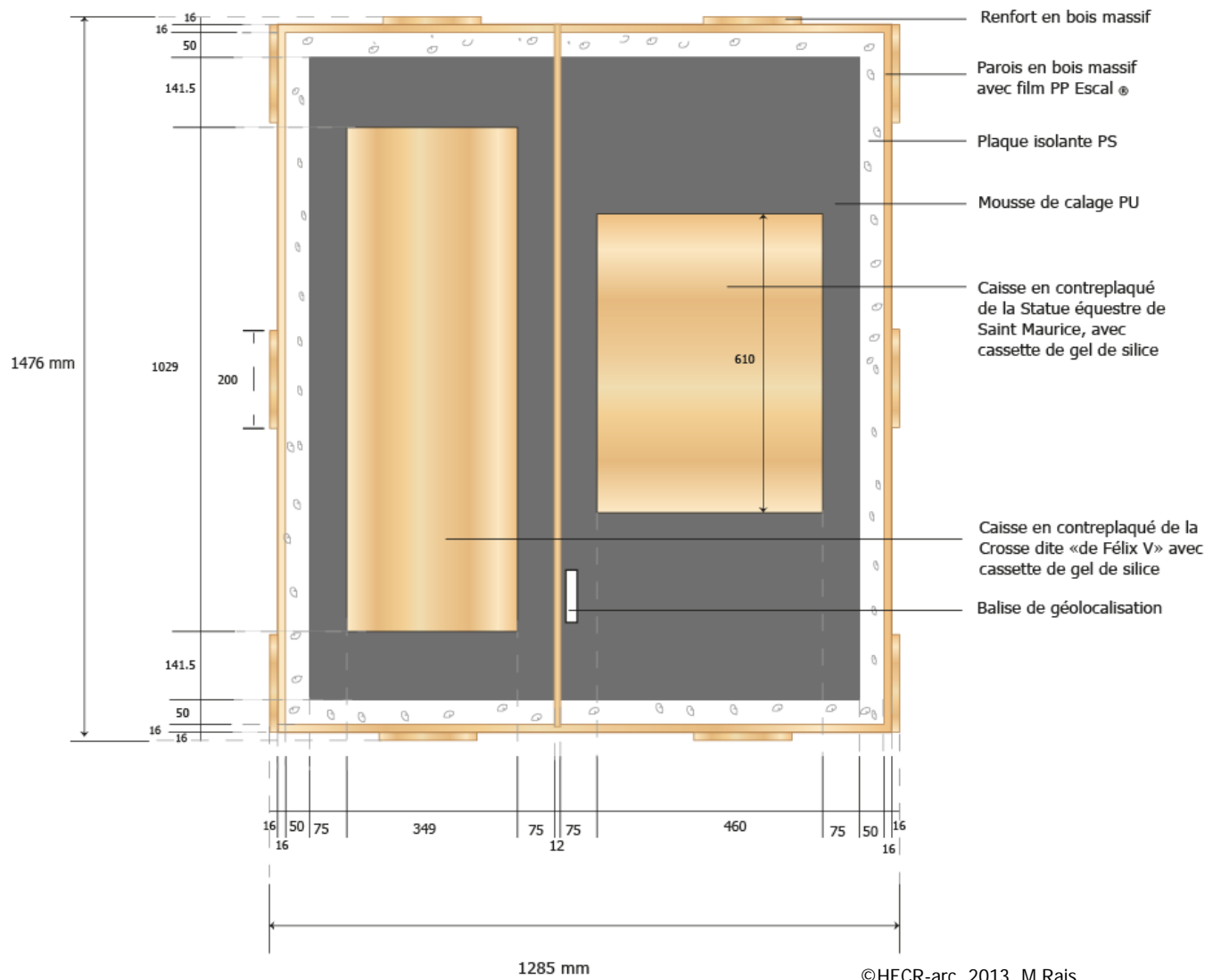
Enfin, le Bras reliquaire dit « de Saint Bernard » a été placé seule dans une caisse.

### **Remarques pour le conditionnement :**

Bras reliquaire dit « de Saint Bernard » : -

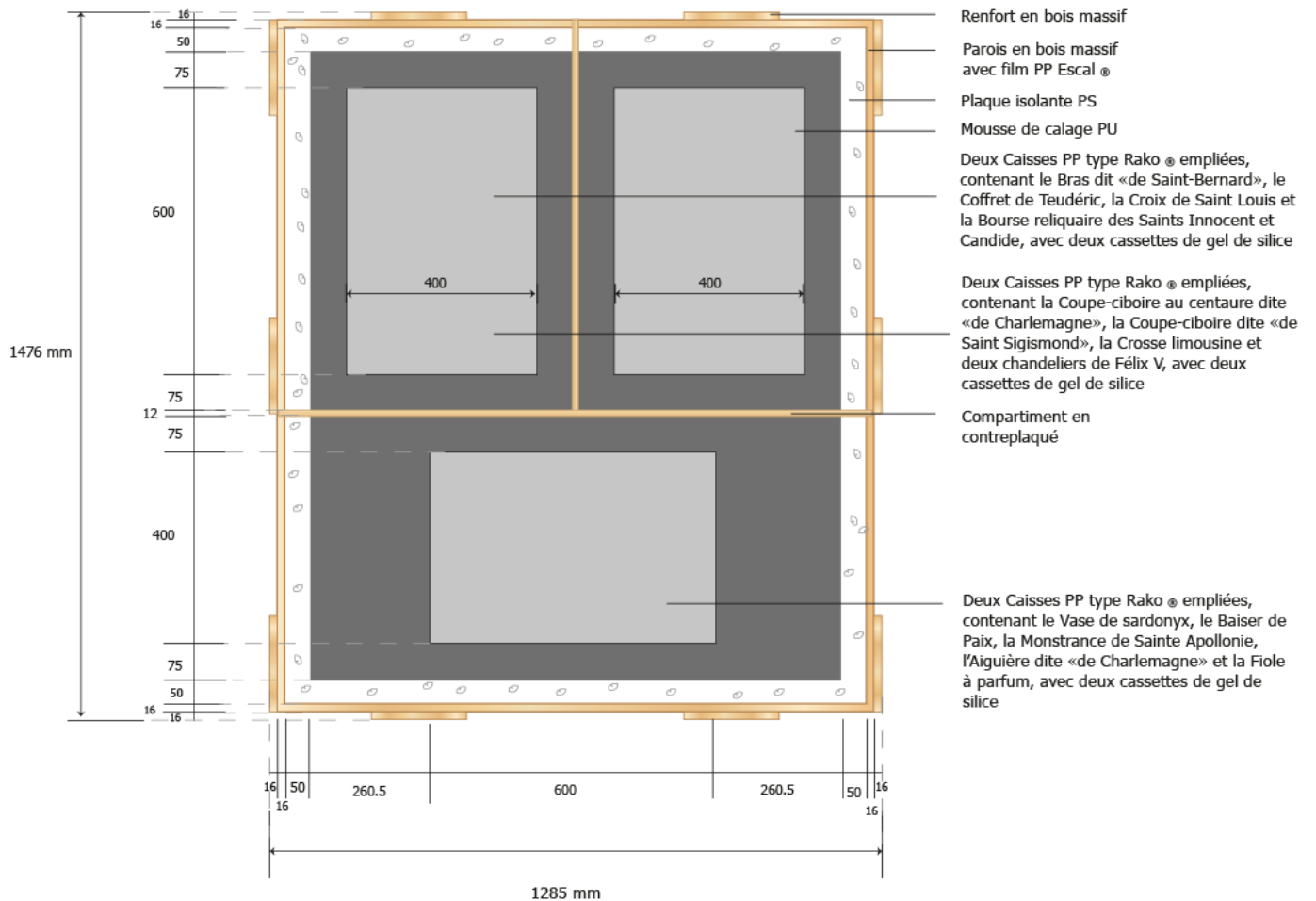
## Annexe 6 : Plan de la caisse unique pour seize objets du Trésor, proposition n°1

### La caisse unique des seize objets



Plan 1 : Vue en plan du 1<sup>er</sup> étage de la caisse unique de la proposition n°1

Comme l'illustre de schéma ci-dessus, l'étage inférieur contient deux caisses internes dont la caisse de la Statue équestre de saint Maurice et la caisse de la Crosse dite « de Félix V ». Le poids total des objets et des caisses interne est d'environ 31 kg.

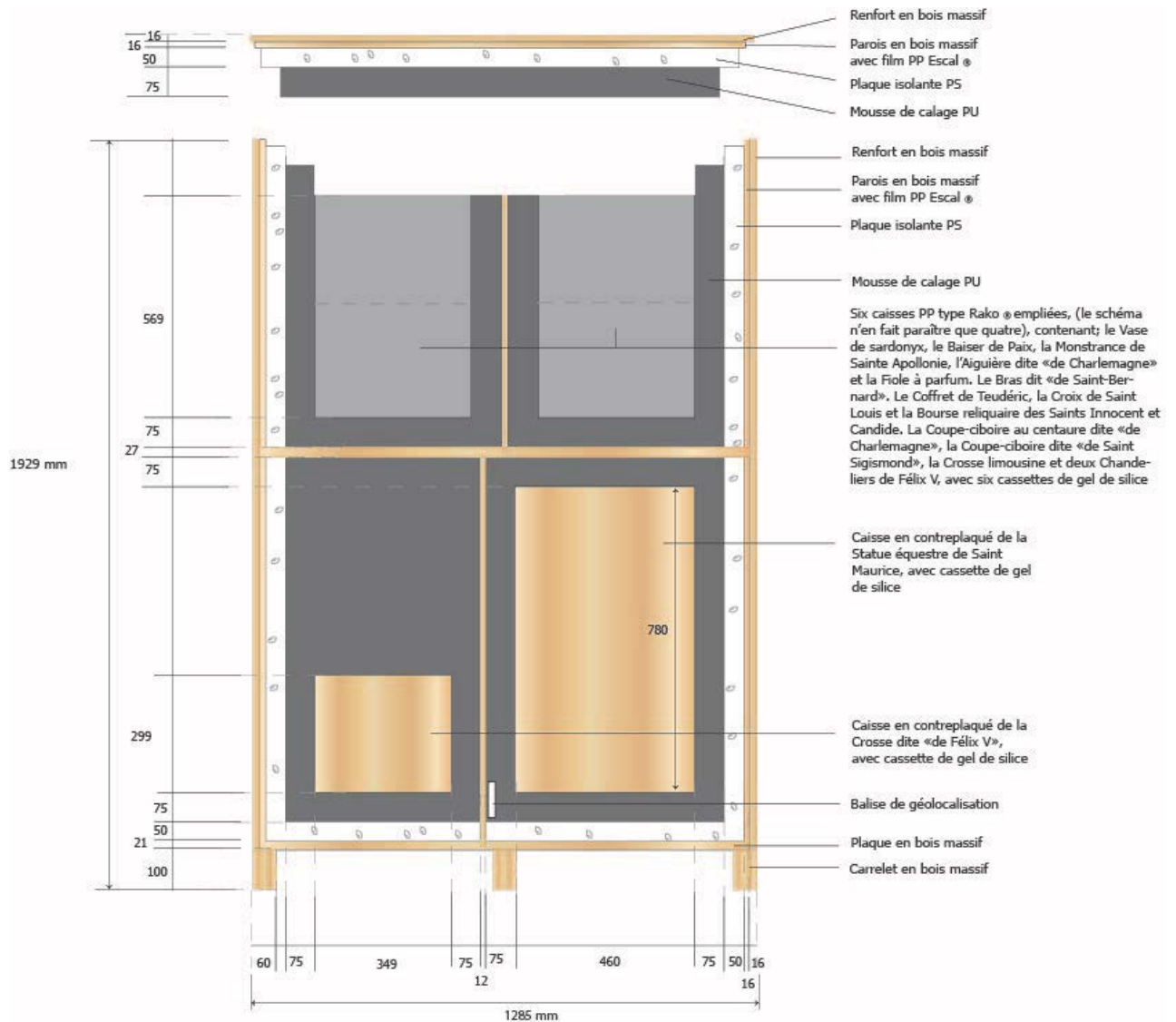


©HECR-arc, 2013, M.Rais

Plan 2 : Vue en plan du 2<sup>ème</sup> étage de la caisse unique de la proposition n°1

L'étage supérieur, illustré sur le schéma ci-dessus, comprend six caisses de type Rako® empilées par groupe de deux, contenant un total de quatorze objets. Le poids total des quatorze objets et des six caisses de type Rako® est d'environ 30 kg.

La caisse unique des seize objets, vue en coupe



*Plan 3 : Vue en coupe des deux étages de la caisse unique, proposition 1*

©HECR-arc, 2013, M.Rais

Afin de rendre la mise en caisse moins problématique, l'ouverture de la caisse doit être possible par deux côtés opposés. Elle a une hauteur de 1929 mm, ce qui limite sa manipulation. Elle ne peut être transportée qu'avec un transpalette.



## Annexe 7 : Photographies et plans des quatre caisses de transport pour le transport des dix-neuf objets du Trésors, proposition alternative

### Caisse n°1 de la Châsse des Enfants de saint Sigismond



Comme l'illustre la figure 30, la caisse de transport est constituée d'une caisse interne en contreplaqué et d'une caisse externe en bois massif avec renfort. La Châsse est tout d'abord placée dans la caisse en contreplaqué. Grâce à des sangles, elle est glissée dans la caisse externe en bois massif.

*Figure 30 : Double caisse de la Châsse des enfants de saint Sigismond*

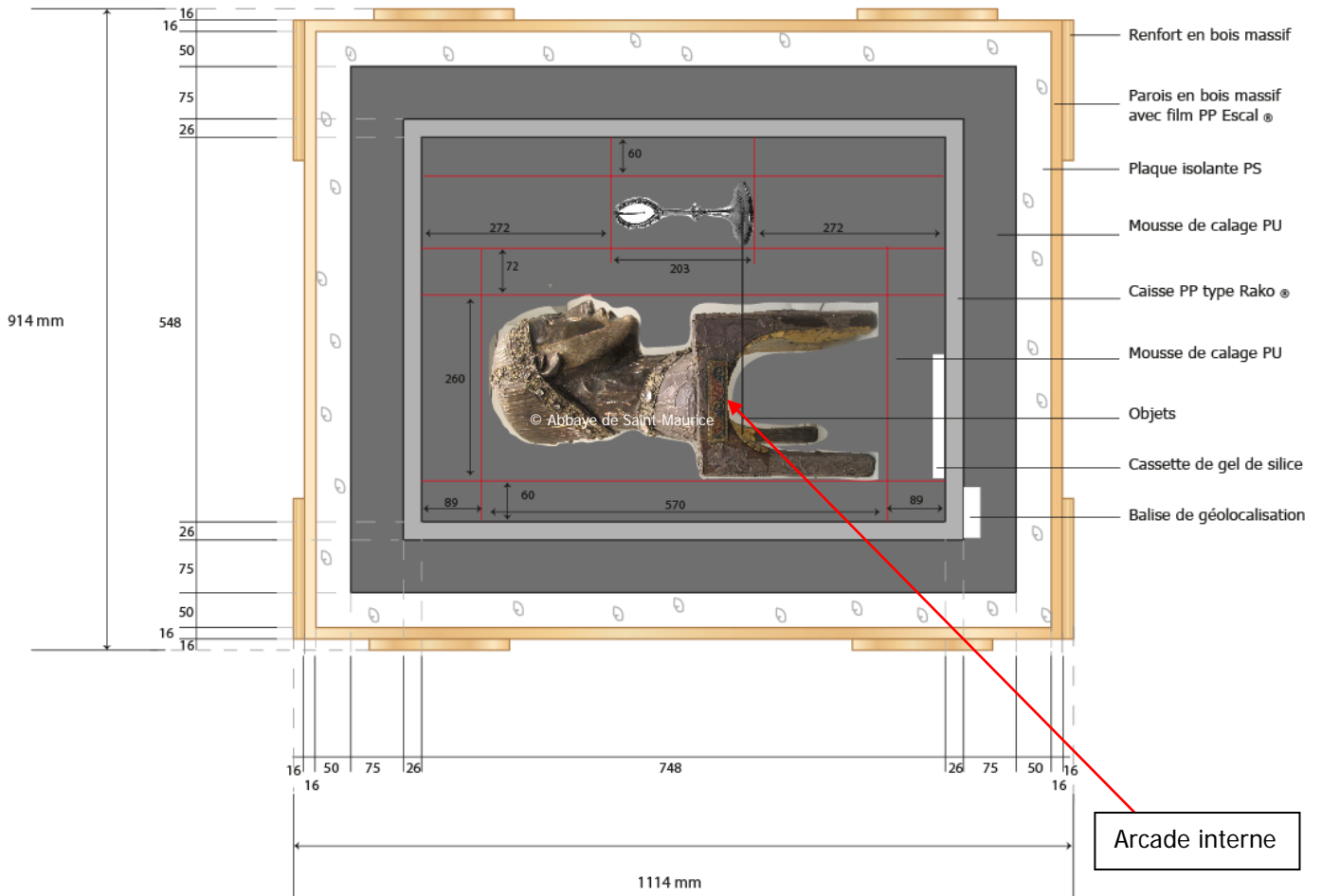
La figure 31 ci-contre, montre l'intérieur de la caisse externe. Elle est capitonnée de 25 mm de mousse de polyuréthane et de 50 mm de polystyrène expansé. Un joint en silicone est placé sur l'épaisseur des parois en bois pour améliorer l'étanchéité de la caisse.



*Figure 31 : Intérieur de la caisse interne, avec polystyrène et polyuréthane.*

## Caisse n°2 de la Sainte Epine et du Buste de saint Candide

### Schéma vue en plan



Plan 4 : Vue en plan de la caisse de la Sainte Epine et du Buste de saint Candide.

©HECR-arc, 2013, M.Rais

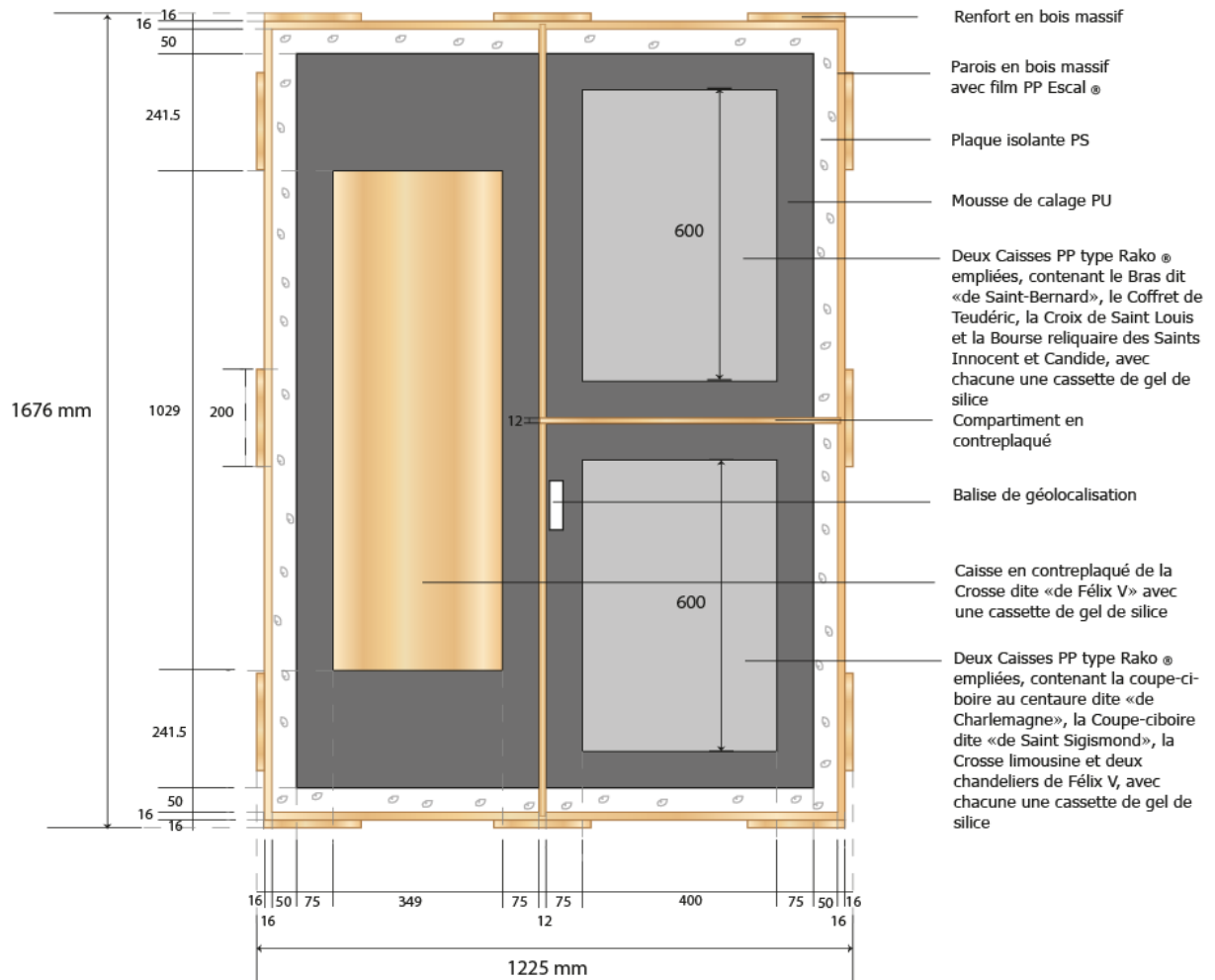
### **Remarques pour le conditionnement interne :**

Le Buste de saint Candide ayant un poids de 7.16 kg risque de s'enfoncer dans la mousse de polyuréthane. Afin d'éviter cela, des renforts en mousse de polyéthylène de type Ethafoam® sont placés sous l'objet, selon le même principe de la Crosse dite « de Félix V ». Un élément de calage également en mousse Ethafoam® doit soutenir l'arcade interne formé par le socle. De cette manière la branche supérieure du socle est soutenue.



Caisse n°3 contenant cinq caisses internes

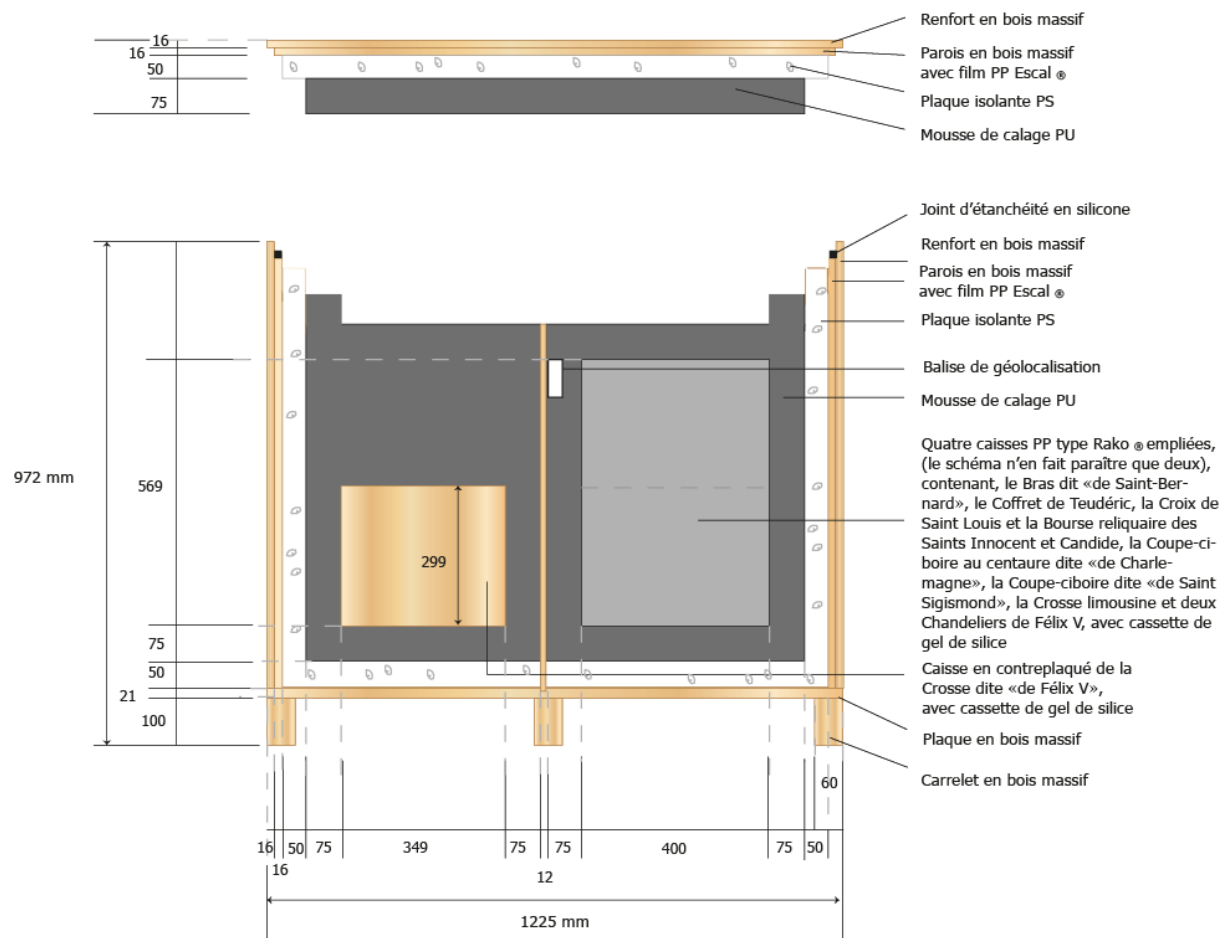
### Schéma vue en plan



Plan 6 : Vue en plan de la caisse n°3.

©HECR-arc, 2013, M.Rais

## Schéma vue en coupe

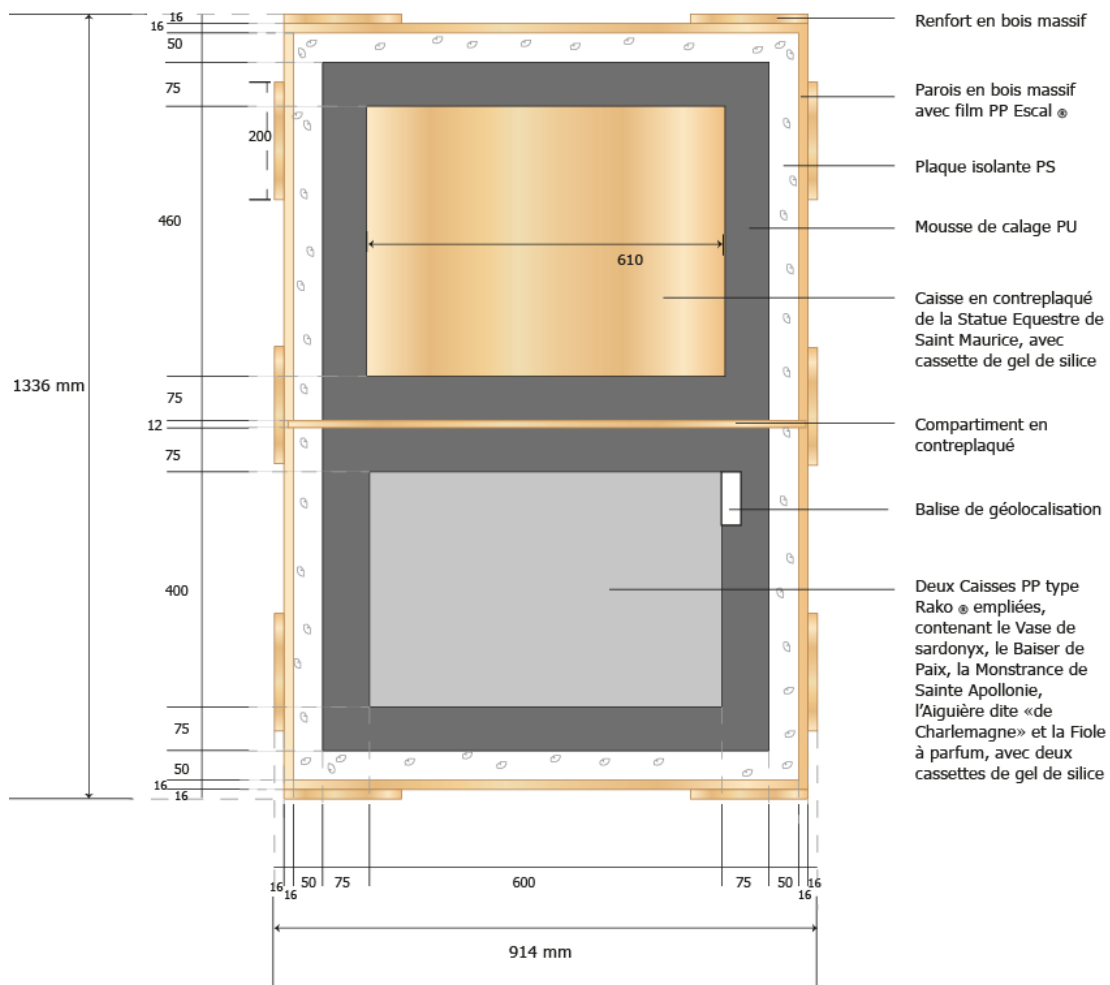


Plan 7 : Vue en coupe de la caisse n°3.

©HECR-arc, 2013, M.Rais

## Caisse n°4 contenant trois caisses internes

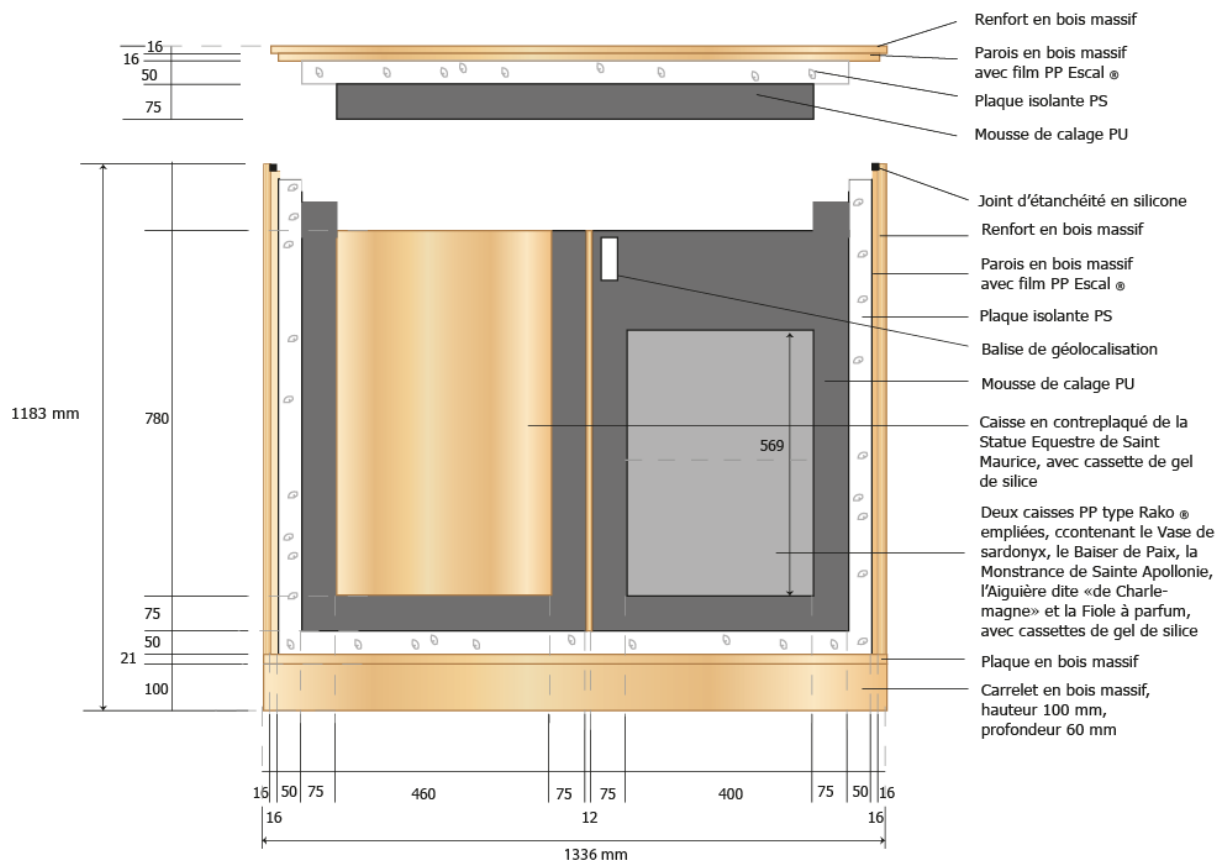
### Schéma vue en plan



Plan 8 : Vue en plan de la caisse n°4.

©HECR-arc, 2013, M.Rais

Schéma vue en coupe



Plan 9 : Vue en coupe de la caisse n°4.

©HECR-arc, 2013, M.Rais

## Annexe 8 : Conditionnement de la Crosse dite « de Félix V »

Schéma et photographies du conditionnement de la Crosse dite « de Félix V »

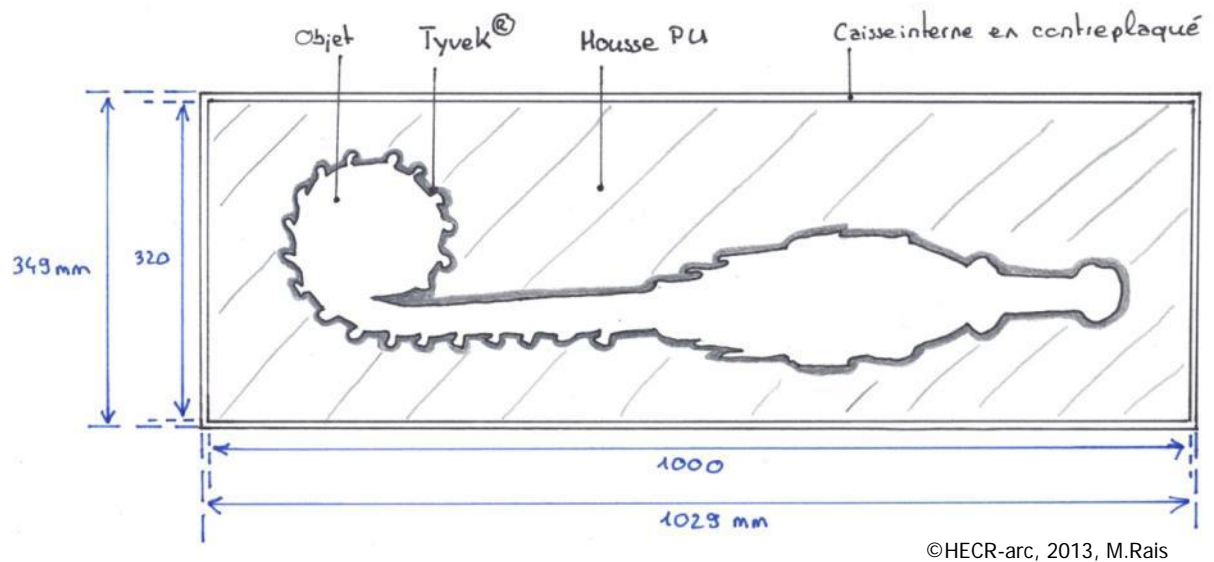


Schéma 14 : Schéma vue de plan de la Crosse dite « de Félix V »

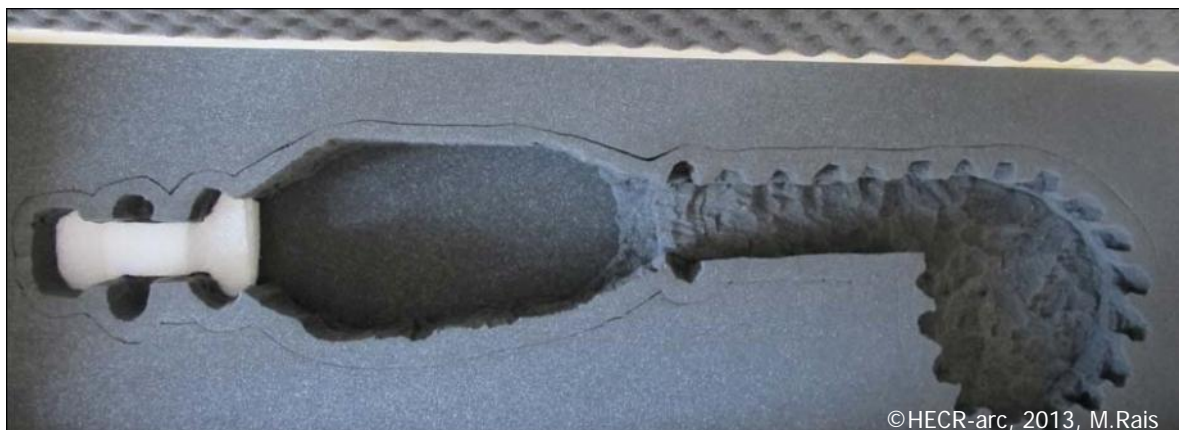


Figure 32 : Renforts en PE dans le conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ».

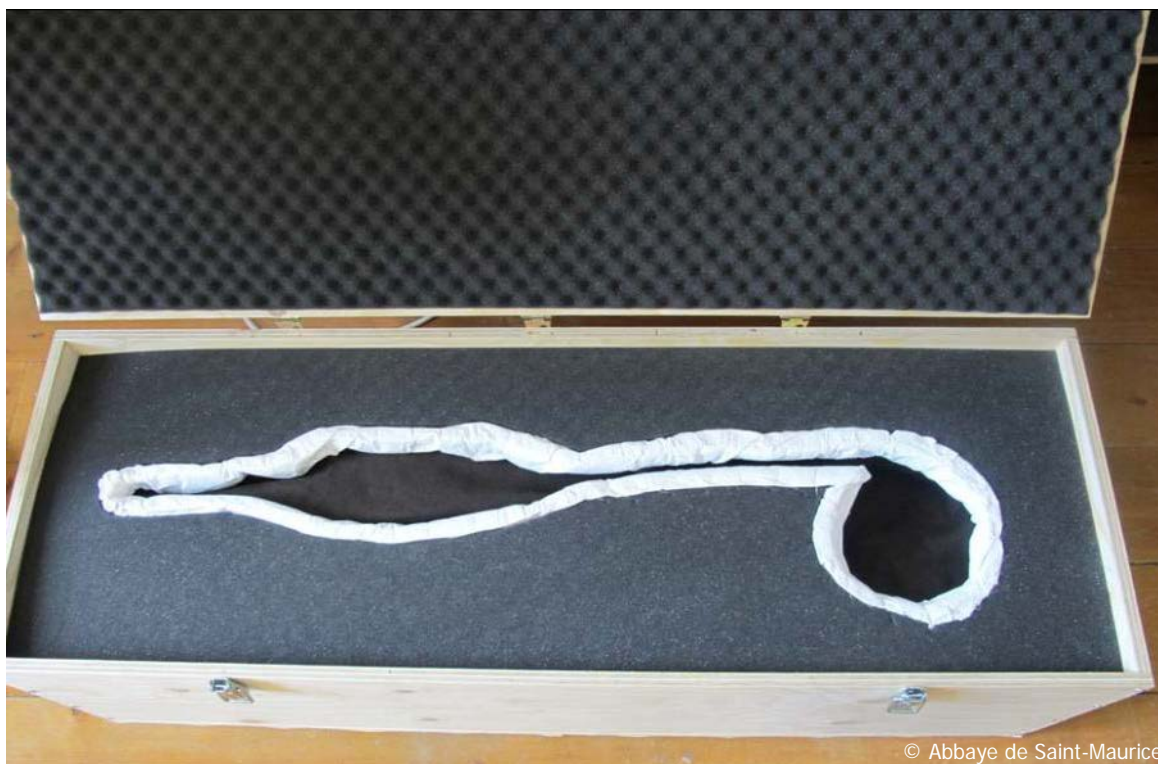




*Figure 33 : Intérieur du conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ».*



*Figure 34 : Conditionnement de la Crosse dite « de Félix V » avec du tissu Pacific Silvercloth®.*



*Figure 35 : Crosse dite « de Félix V » dans son conditionnement.*



*Figure 36 : Points de préhension de l'élément de calage de la Crosse dite « de Félix V ».*

## Coût de fabrication du conditionnement

Ce tableau englobe le coût matériel du conditionnement et ne tient pas en compte du temps de main-d'œuvre.

Matériel	Prix	
Contreplaqué d'épicéa	42.3.-	
Mousse PU	42.-	
Vis	5.2.-	
Poignées	8.5.-	
Charnières	9.9.-	
Fermeture de caisse	5.95.-	<b>Total en CHF</b>
Utilisation de chute de PE et de Tyvek®	x	113.85.-

Tableau 18 : Coût de fabrication du conditionnement de la Crosse dite « de Félix V ».

Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/déballage de la Crosse dite « de Félix V ».


FICHE DE PRESENTATION, DE MANIPULATION ET D'EMBALLAGE/DEBALLAGE DE L'OBJET		
1. PRESENTATION		
<b>Dénomination:</b>	Crosse dite "de Félix V"	
<b>N° Inventaire:</b>	2015 021	
<b>Propriétaire:</b>	Abbaye de Saint-Maurice	
<b>Dimensions en mm</b>		
<b>Hauteur:</b>	857	
<b>Diamètre du crosseron:</b>	365	
<b>Poids en kg:</b>	4.803	
2. MANIPULATION		
<b>Nombre de personne:</b>	Une seule personne	
<b>Type de gants:</b>	A usage unique, pour assurer une bonne prise	
<b>Points de préhension:</b>	Une main soutient l'objet au niveau de la douille et l'autre à la jonction entre le pinacle et le crosseron.	
3. EMBALLAGE / DEBALLAGE		
<b>Emballage:</b>	Placer l'objet dans sa contre-forme en mousse et le recouvrir du tissu Pacific Silvercloth*. Déposer son élément de calage supérieur au-dessus.	
<b>Déballage:</b>	Observer le conditionnement. Enlever l'élément de calage supérieur, en le soulevant par l'espace vide. Soulever délicatement le tissu absorbant et sortir l'objet en le soulevant par ses points de préhension indiqués par les encoches. Une fois placée en vitrine, remettre l'élément de calage supérieur dans la caisse interne.	

Tableau 19 : Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/ déballage de la Crosse dite « de Félix V ».

## Annexe 9 : Conditionnement de la Statue équestre de saint Maurice

### Photographies du conditionnement de la Statue équestre de saint Maurice

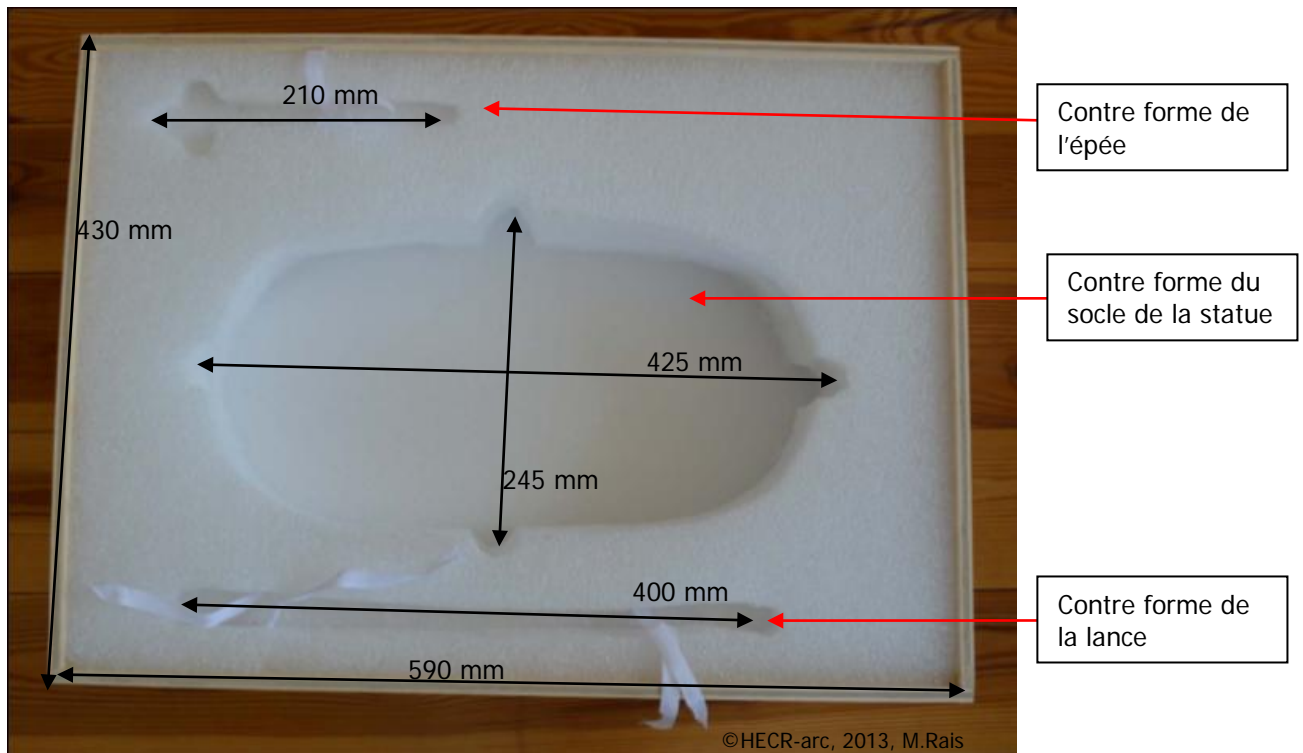


Figure 37 : Plateau du conditionnement de la Statue équestre de saint Maurice.



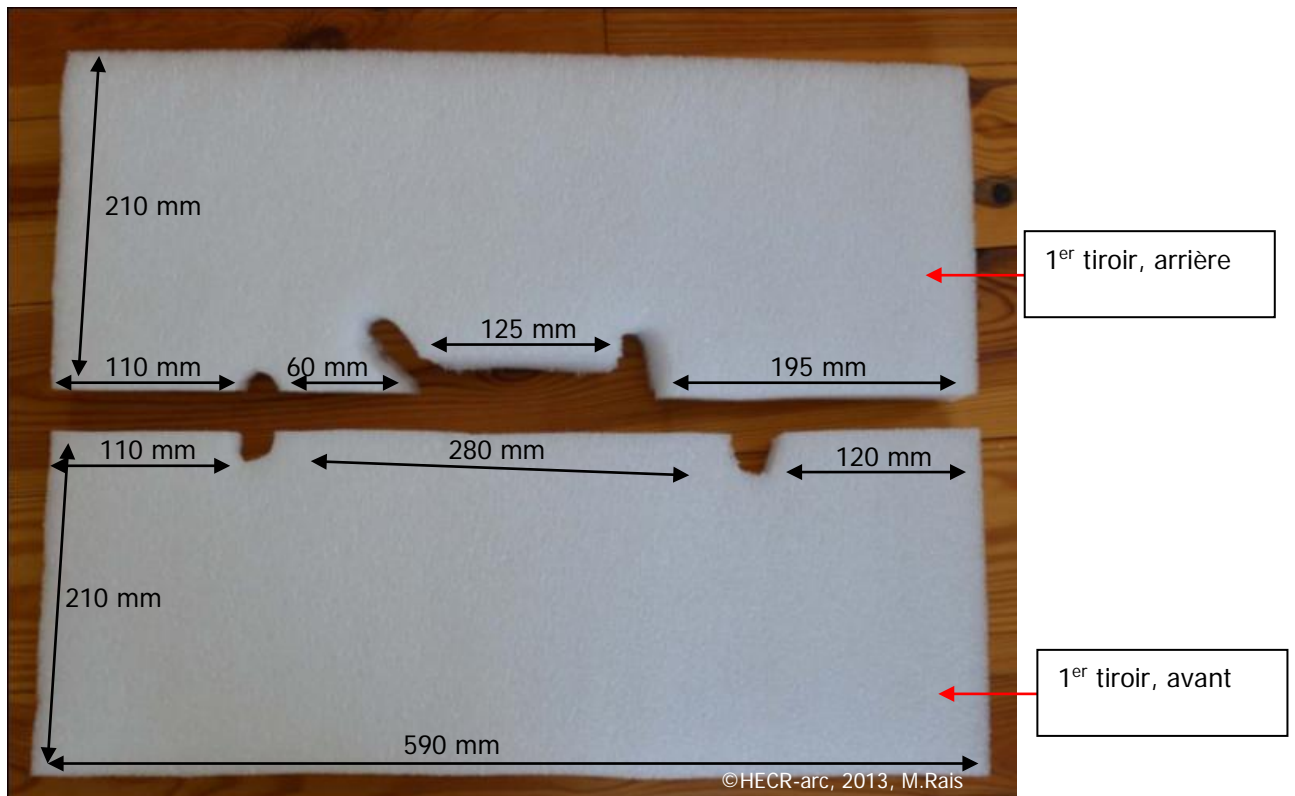


Figure 38 : 1<sup>er</sup> tiroirs de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.

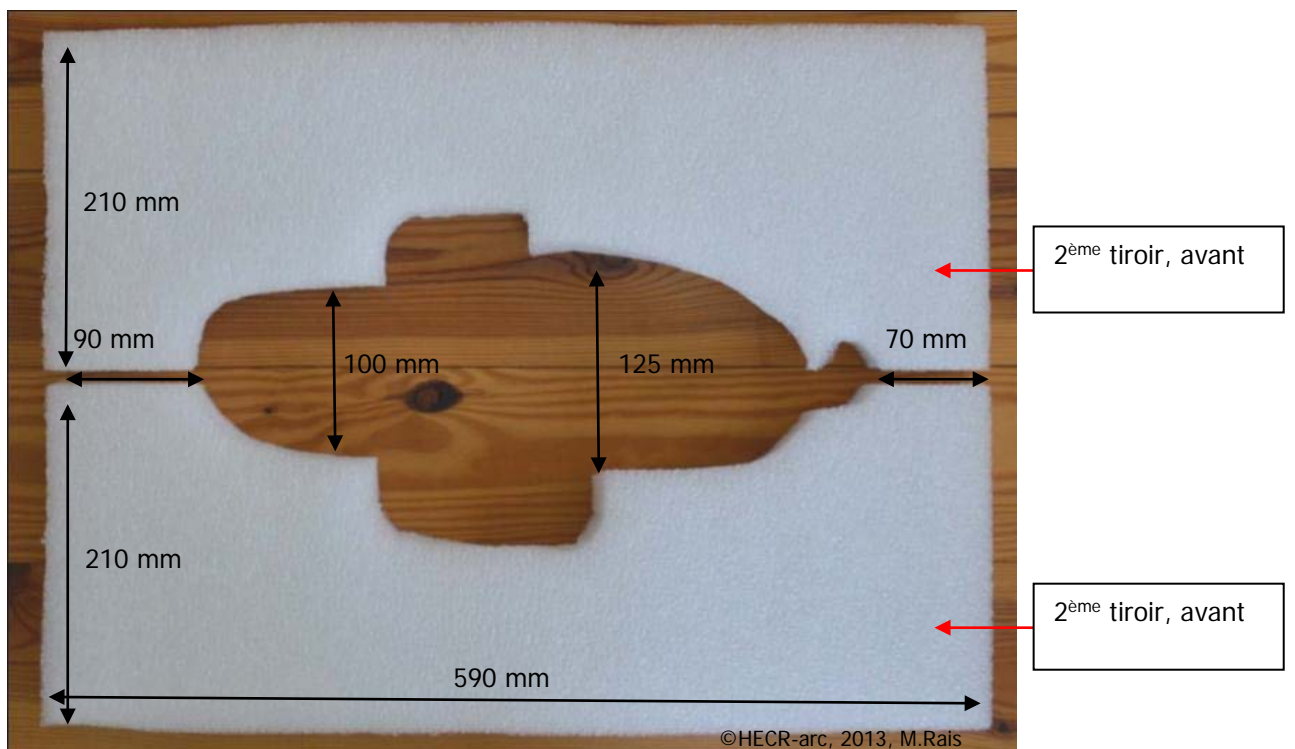


Figure 39 : 2<sup>ème</sup> tiroirs de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.

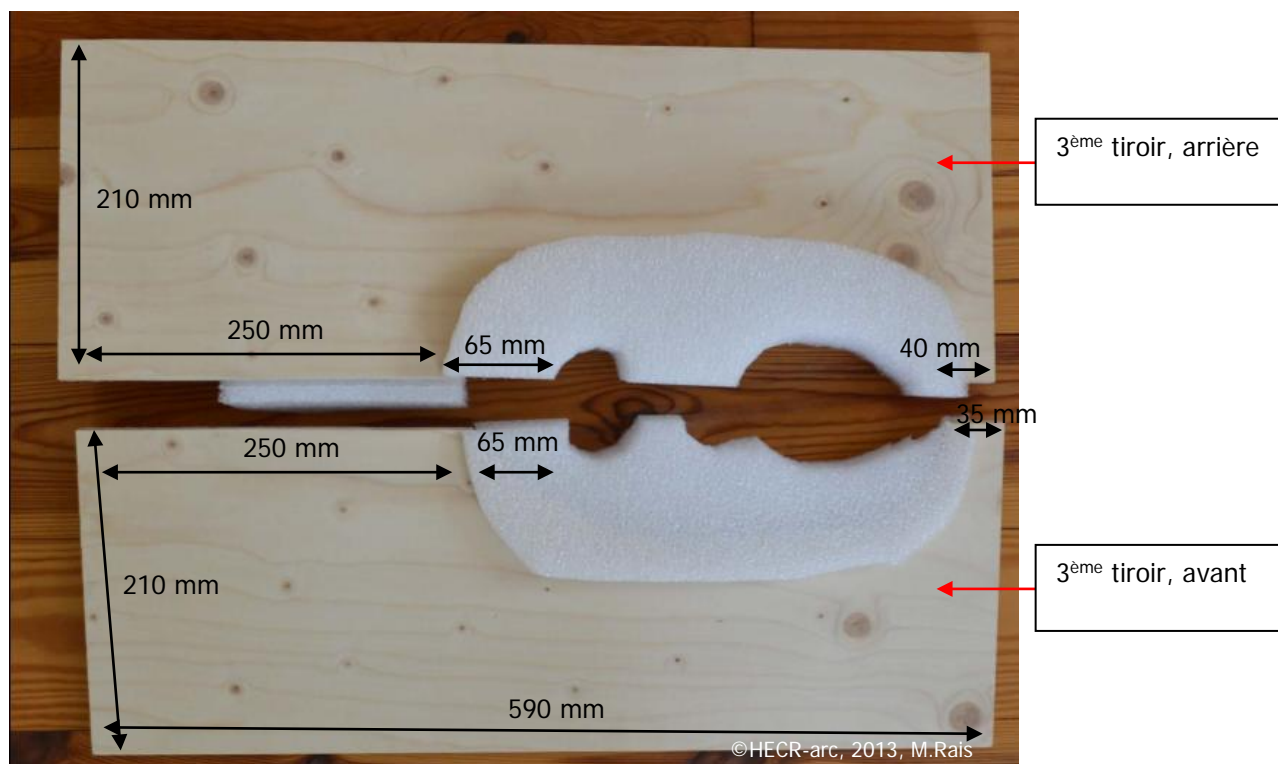


Figure 40 : 3<sup>ème</sup> tiroirs de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.



Figure 41 Caisse de la Statue équestre de saint Maurice sans les tiroirs.



*Figure 42 : Caisse de la Statue équestre de saint Maurice avec un pochoir de l'objet en carton.*



## Coût de fabrication du conditionnement prototype de la Statue équestre de Saint Maurice

Ce tableau englobe le coût matériel du conditionnement et ne tient pas en compte du temps de main-d'œuvre.

Matériel	Prix	
Contreplaqué d'épicéa	65.3.-	
Liste rectangulaires	18.6.-	
Vis	5.2.-	
Charnières	9.9.-	
Fermeture de caisse	17.85.-	<b>Total en CHF</b>
Utilisation de chute de mousse de PU	X	107.55.-

*Tableau 20 : Coût de fabrication de la caisse de la Statue équestre de saint Maurice.*

Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/déballage de la Statue équestre de saint Maurice


FICHE DE PRESENTATION, DE MANIPULATION ET D'EMBALLAGE/DEBALLAGE DE L'OBJET		
1. PRESENTATION		
<b>Dénomination:</b>	Statue équestre de saint Maurice	 <p>© Abbaye de Saint-Maurice / Photo Jean-Yves Classen et Michel Merlioz</p>
<b>N° Inventaire:</b>	2015 031	
<b>Propriétaire:</b>	Abbaye de Saint-Maurice	
<b>Dimensions en mm</b>		
<b>Hauteur:</b>	628	
<b>Longueur:</b>	490	
<b>Profondeur:</b>	220	
<b>Poids en kg:</b>	3.882	
2. MANIPULATION		
<b>Nombre de personne:</b>	Une personne	
<b>Type de gants:</b>	A usage unique, pour assurer une bonne prise	
<b>Points de préhension:</b>	L'objet est manipulé en soulevant les pattes avant et arrière du côté lance du cavalier.	
3. EMBALLAGE / DEBALLAGE		
<b>Emballage:</b>	Placer le plateau contenant de la mousse dans la caisse interne. Installer les tiroirs arrière entre les traverses. Enlever la lance et l'épée et les placer dans leur contre-forme en mousse et descendre la visière du cavalier. Soulever l'objet et le placer sur la mousse. Mettre les tiroirs avant et fermer la caisse.	
<b>Déballage:</b>	Enlever les tiroirs avant et sortir délicatement l'objet. Remettre la lance et l'épée à leur emplacement et placer l'objet en vitrine. Réinstaller les tiroirs avant entre les traverses.	

Tableau 21 : Fiche de présentation, de manipulation et d'emballage/déballage de la Statue équestre de saint Maurice.

## Annexe 10 : Liste des fournisseurs

Fournisseurs	Article	Prix en CHF
<b>Roos Emballages SA</b> Rue de l'Industrie 76, CH-2746 Crémines	Mousse de polyuréthane de type ester 33 kg/m: 2 x 1000 x 320 x 100 mm, -1000 x 320 x 50 mm, -1000 x 320 x 25 mm	42.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 1029 x 349 x 12	10.38.-
<b>COOP Brico-Loisirs</b> Rue de l'Abbé-Monnin 81, CH-2854 Bassecourt	12 mm contreplaqué d'épicéa 1029 x 349 x 12	10.38.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 1029 x 275 x 12	8.18.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 1029 x 275 x 12	8.18.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 325 x 275 x 12	2.58.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 325 x 275 x 12	2.58.-
	Liste rectangulaire épicéa 1000 x 28 x 13 mm	18.60.-
	Vis à bois universelle à tête fraisée, zinguée. 4 x 30 mm	5.2.-
	Poignées de caisse	8.5.-
	Charnières (2 pièces)	9.9.-
	Fermeture de caisse (2 pièces)	5.95.-
<b>Matériaux Sabag SA</b> La Ballastière 19 CH- 2800 Delémont	9 mm contreplaqué d'épicéa 590 x 430 x 9	4.3.-
	9 mm contreplaqué d'épicéa 590 x 155 x 9	1.55.-
	9 mm contreplaqué d'épicéa 590 x 155 x 9	1.55.-
	9 mm contreplaqué d'épicéa 412 x 155 x 9	1.075.-
	9 mm contreplaqué d'épicéa 412 x 155 x 9	1.075.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 590 x 430 x 12	5.6.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 621 x 461 x 12	6.3.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 621 x 750 x 12	10.25.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 621 x 750 x 12	10.25.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 437 x 750 x 12	7.2.-
	12 mm contreplaqué d'épicéa 437 x 750 x 12	7.2.-
	18 mm contreplaqué d'épicéa 621 x 461 x 18	9.15.-

<b>Stouls Conservation</b> 9/11, rue de l'Orme St-Germain 91165 Champlan Cedex	Tyvek ® TKV75 70 x 100 cm, Paquet de 25 feuilles (4.14.- par feuille)	103.5.-
<b>Kappeler Verpackung- Systeme SA</b> Grenzstrasse 20B CH-3250 Lyss	Mousse de polyéthylène Ethafoam®	Sur demande

*Tableau 22 : Liste des fournisseurs du matériel*